

**FACULTAD DE INGENIERÍA**

Escuela Académico Profesional de Ingeniería Mecánica

Trabajo de Investigación

**Plan de mejora para la gestión de mantenimiento  
basado en la mantenibilidad de equipos de lavadero  
de camiones (Truck Shop) de unidades mineras**

Javier Ricardo Paccara Zela

Para optar el Grado Académico de  
Bachiller en Ingeniería Mecánica

Arequipa, 2019

Repositorio Institucional Continental

Trabajo de Investigación



Obra protegida bajo la licencia de [Creative Commons Atribución-NoComercial-SinDerivadas 2.5 Perú](https://creativecommons.org/licenses/by-nc-nd/2.5/peru/)

## **AGRADECIMIENTO**

Agradezco a Dios por esta siempre conmigo guiando cada uno de mis pasos.

Agradezco a mis padres por siempre ser un ejemplo de vida y por cada consejo en los momentos más difícil.

Agradezco a mis maestros por inculcarme valores y enseñanzas, a mis compañeros que fueron parte importante en este transcurso de aprendizaje.

## **DEDICATORIA**

Dedico el presente trabajo de investigación a mis padres que son mi motivación en todo sentido, a mis familiares amigos y todos los que pusieron un granito de arena para concretar este logro, gracias a todos.

## ÍNDICE

AGRADECIMIENTO	ii
DEDICATORIA	iii
ÍNDICE GENERAL	iv
ÍNDICE DE ILUSTRACIONES	viii
ÍNDICE DE TABLAS	x
RESUMEN	xi
ABSTRACT	xii
INTRODUCCIÓN	xiii
CAPÍTULO I: PLANTEAMIENTO DEL ESTUDIO .....	1
1.1.    Planteamiento y formulación del problema de investigación.....	1
1.1.1.    Planteamiento del problema .....	1
1.1.2.    Formulación del problema .....	2
1.1.2.1.    Problema general.....	2
1.1.2.2.    Problemas específicos .....	2
1.2.    Objetivos .....	2
1.2.1.    Objetivo General.....	2
1.2.2.    Objetivo Especifico .....	2
1.3.    Justificación e importancia.....	2
1.4.    Variable de la investigación .....	3
1.5.    Hipótesis .....	5

1.5.1.	Hipótesis general.....	5
CAPÍTULO II: MARCO TEÓRICO.....		6
2.1.	Antecedentes del problema.....	6
2.1.1.	A nivel nacional .....	6
2.1.2.	A nivel local .....	7
2.2.	Bases teóricas.....	8
2.2.1.	Gestión del Mantenimiento .....	8
2.2.1.1.	Beneficios de gestionar operaciones de mantenimiento.....	8
2.2.1.2.	Clases de mantenimiento.....	9
2.2.1.3.	Tipos de estrategias de mantenimiento.....	9
2.2.1.4.	Gestión de Equipos.....	10
2.2.1.5.	Gestión de repuestos.....	11
2.2.1.6.	Gestión de los recursos humanos.....	14
2.2.1.7.	Indicadores de gestión (KPI) .....	16
2.2.2.	Planificación de operaciones de mantenimiento industrial .....	18
2.2.2.1.	Planificación de trabajos de mantenimiento .....	19
2.2.3.	Grado crítico y prioridad en el mantenimiento.....	19
2.2.3.1.	Categorías de prioridad para la atención de trabajos de mantenimiento.....	20
2.2.4.	Planificación basada en fiabilidad (RCM).....	21
2.2.4.1.	Fases para la implementación del Mantenimiento basado en la Fiabilidad	22
2.2.5.	Plan de mantenimiento .....	22
2.2.6.	Documentación para gestionar el mantenimiento de equipos y maquinas	23
2.2.7.	Lavado de vehículos mineros .....	29
2.2.7.1.	Importancia del lavado de los vehículos de carga .....	29
2.3.	Definición de términos básicos .....	29
CAPÍTULO III: METODOLOGÍA .....		31
3.1.	Metodología aplicada para el desarrollo de la solución.....	31
3.1.1.	Tipo de investigación .....	31
3.1.2.	Nivel de investigación .....	31
3.1.3.	Diseño de investigación.....	32
3.1.4.	Métodos científicos de investigación.....	32

3.2.	Unidad de estudio .....	33
3.2.1.	Población.....	33
3.2.2.	Muestra .....	33
3.3.	Fuentes de recolección de datos.....	33
3.4.	Técnicas e instrumentos.....	34
3.5.	Análisis estadístico .....	34
CAPÍTULO IV: ANÁLISIS Y DISEÑO DE LA SOLUCIÓN .....		39
4.1.	Identificación de requerimientos .....	39
4.1.1.	Lista de Exigencias.....	39
4.1.2.	Descripción del Procedimiento para el lavado .....	40
4.1.2.1.	Requisitos para empezar el lavado .....	40
4.1.2.2.	Procedimiento del ingreso del equipo al lavadero .....	48
4.1.2.3.	Lavado del equipo en plataforma .....	50
4.1.2.4.	Limpieza de la plataforma .....	55
4.1.2.5.	Procedimiento de recirculación de agua.....	56
4.1.3.	Identificación de procesos con falencias.....	59
4.2.	Análisis de la solución .....	60
4.2.1.	Matriz morfológica .....	60
4.2.2.	Alternativas de solución.....	62
4.2.2.1.	Alternativa 1 .....	62
4.2.2.2.	Alternativa 2.....	62
4.2.2.3.	Alternativa 3.....	62
4.2.3.	Análisis técnico.....	63
4.2.4.	Análisis económico .....	64
4.2.5.	Análisis técnico-económico.....	64
4.2.6.	Restricciones de costo y tiempo .....	65
4.2.7.	Viabilidad.....	65
4.3.	Diseño.....	66
CAPÍTULO V: ANALISIS Y DISCUSION DE RESULTADOS.....		67
5.1.	Análisis de datos .....	67
5.2.	Pruebas y discusión de resultados .....	72
5.2.1.	Resultados obtenidos .....	72

CONCLUSIONES .....	76
RECOMENDACIONES .....	77
TRABAJOS FUTUROS.....	78
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	79
ANEXOS.....	81



## INDICE DE ILUSTRACIONES

Ilustración 1: Determinación del repuesto que debe permanecer en Stock .....	13
Ilustración 2: Técnicas de Indicadores de gestión (KPIs) .....	17
Ilustración 3: Indicadores relevantes del mantenimiento .....	18
Ilustración 4: Plano de situación de Equipos y Máquinas .....	24
Ilustración 5: Listado de Equipos y Máquinas Bajo Mantenimiento .....	25
Ilustración 6: Plan de Mantenimiento de Equipos y Máquinas .....	26
Ilustración 7: Ficha Técnica del Equipo o Máquina .....	27
Ilustración 8: Historial de Revisiones y Reparaciones .....	28
Ilustración 9: Casco de seguridad .....	41
Ilustración 10: Guantes de jebe .....	41
Ilustración 11: Botas de jebe .....	42
Ilustración 12: Ropa para lavado .....	42
Ilustración 13: Lentes de Seguridad .....	43
Ilustración 14: Respirador con filtro .....	43
Ilustración 15: Careta facial para aplicar desengrasantes .....	43
Ilustración 16: Bomba de aire para aplicar detergente .....	44
Ilustración 17: Cañones y mangueras de alta presión .....	44
Ilustración 18: Bomba eléctrica y bomba hotsy .....	45
Ilustración 19: Candados lock out tag out .....	45
Ilustración 20: Tacos de Seguridad .....	46
Ilustración 21: Registro del estado de equipos .....	46
Ilustración 22: Flujo grama del proceso de lavado .....	47
Ilustración 23: Ingreso de camión al lavadero .....	48
Ilustración 24: Parqueo del camión .....	48
Ilustración 25: Descenso del operario del camión .....	49
Ilustración 26: Registro de la hora de ingreso y análisis de riesgo .....	49
Ilustración 27: Colocación de seguros .....	50

Ilustración 28: Verificación de las bombas .....	51
Ilustración 29: Inicio del lavado .....	51
Ilustración 30: Lavado de tolva .....	52
Ilustración 31: Revisión para aplicación de desengrasante .....	52
Ilustración 32: Aplicación de desengrasantes .....	53
Ilustración 33: Aplicación de agua caliente al desengrasante .....	53
Ilustración 34: Lavado de la parte superior del motor.....	54
Ilustración 35: Aviso de término de lavado al supervisor .....	54
Ilustración 36: Retiro de seguros implementados.....	55
Ilustración 37: Limpieza de la plataforma .....	56
Ilustración 38: Lavado de la plataforma.....	56
Ilustración 39: Poza sedimentadora de lodo .....	57
Ilustración 40: Salchichas y paños absorbentes.....	57
Ilustración 41: Serpentines primarios .....	58
Ilustración 42: Serpentines secundarios .....	58
Ilustración 43: Cisternas 10 mil galones.....	59
Ilustración 44: Análisis técnico-económico.....	65
Ilustración 45: Probabilidad de precipitación en la unidad minera .....	74

## INDICE DE TABLAS

Tabla 1: Variables de la investigación.....	4
Tabla 2: Técnicas e instrumentos de investigación, variable independiente.....	34
Tabla 3: Técnicas e instrumentos de investigación, variable dependiente .....	34
Tabla 4: Gastos por cada camión .....	35
Tabla 5: Prueba de normalidad - Shapiro Wilk.....	37
Tabla 6: Análisis de la Normalidad.....	37
Tabla 7: Prueba T student para muestras emparejadas.....	38
Tabla 8: Media y desviaciones.....	38
Tabla 9: Decisión estadística .....	38
Tabla 10: Lista de exigencias.....	39
Tabla 11: Matriz morfológica.....	61
Tabla 12: Análisis técnico .....	63
Tabla 13: Análisis económico .....	64
Tabla 14: Cantidad y duración de lavado por categorías .....	67
Tabla 15: Cantidades mínimas y máximas de lavado por categorías.....	67
Tabla 16: Costo por lavar cada camión.....	68
Tabla 17: Entrada de camiones, según registro de entrada .....	69
Tabla 18: Entrada de camiones, propuesto.....	70
Tabla 19: Gastos incurridos, según registros .....	71
Tabla 20: Gastos incurridos, Propuesta .....	71
Tabla 21: Asignación de categorías a los meses .....	72
Tabla 22: Horas desperdiciadas .....	72
Tabla 23: Eficiencia alcanzada .....	72
Tabla 24: Diferencia de entrada de camiones.....	73
Tabla 25: Horas hombre ahorradas .....	75
Tabla 26: Recursos económicos ahorrados en el lavado de camiones .....	75

## RESUMEN

La Supervisión de equipos de lavadero es relativamente compleja, dado que depende de la bioseguridad y debe garantizar el trabajo continuo de los equipos ya que muchas veces hay maquinaria parada produciendo la no obtención de los objetivos trazados, además de incrementar los costos de producción de la unidad minera.

El principal objetivo del presente estudio es el de mejorar la gestión de mantenimiento basado en la mantenibilidad de equipos de lavadero de camiones (truck shop) en las unidades mineras, usando un tipo de investigación tecnológica.

Teniendo como resultado que una adecuada gestión mantenimiento basado en el mantenibilidad de equipos de lavadero de camiones registrara una mejora en los procesos, además de disminuir la cantidad de recursos humanos y económicos invertidos.

**Palabras Clave:** Mantenibilidad, lavadero, camiones, gestionar, planificar, preventivo, predictivo.

## **ABSTRACT**

The Supervision of laundry equipment is relatively complex, since biosecurity depends and must guarantee the continuous work of the equipment since many times there is machinery stopped producing the non-achievement of the objectives set, in addition to increasing the production costs of the unit mining

The main objective of this study is to improve the maintenance management based on the maintainability of truck washing equipment in the mining units, using a type of technological research.

Having as a result that an adequate management maintenance based on the maintainability of truck laundry equipment will register an improvement in the processes, besides diminishing the amount of human and economic resources invested.

**Keywords:** Maintainability, laundry, trucks, manage, plan, preventive, predictive

## INTRODUCCIÓN

Una de las principales propuestas es que al mejorar la gestión de mantenimiento basado en la mantenibilidad de equipos de lavadero de camiones (truck shop) se obtendrá mejoras en la asignación de recursos (humanos, materiales y económicos).

Se debe tener en cuenta que el gestionar una determinada área de una empresa o una parte de ella, no se limita a cumplir los objetivos trazados, si no a mejorar el proceso del área supervisada, es por ello que no se debe limitar a cumplir con lo trazado, si no con la mejora continua.

Llegando a la conclusión de que aplicando una adecuada gestión mantenimiento basado en el mantenibilidad de equipos de lavadero de camiones, se obtendrá una mejora en los procesos, disminuyendo la cantidad de recursos humanos y económicos invertidos.

Los capítulos a estudiar en el presente trabajo se dividirán en 5, los cuales son:

Capítulo I planteamiento del estudio, donde se describirá el problema que engloba a la gestión del mantenimiento de los camiones, los objetivos propuestos al implementar un nuevo plan en la mantenibilidad en el lavadero de camiones, la justificación e importancia de realizar una correcta gestión.

Capitulo II: marco teórico, en donde se abordará trabajos anteriores que hayan hablado sobre el tema, además de las definiciones de teorías y conceptos que ayudaran a entender el tema a tratar.

Capitulo III: metodología, se expondrá detalladamente el tipo de investigación realizada, y las técnicas metodológicas que se requirieron para la realización en la mejora de la gestión en el lavadero de camiones.

Capitulo IV: análisis y diseño de la solución, se dividirá en 3 partes, la primera identificara las debilidades que tiene el proceso del lavadero de camiones, después se determinó soluciones a las debilidades identificadas y se procedió a realizar un diseño mediante un

gráfico que describe el proceso que debe seguir la empresa, todo esto servirá para analizar a cabalidad la forma de trabajar la empresa y proponer una mejora en su esquema de trabajo.

Capítulo V: se detalló los datos que la unidad de lavado manejaba y se contrastó con el plan de mejora en la gestión del lavadero de camiones, para finalmente discutir los resultados y proceder a formular las interpretaciones finales.

## **CAPÍTULO I: PLANTEAMIENTO DEL ESTUDIO**

### **1.1. Planteamiento y formulación del problema de investigación**

#### **1.1.1. Planteamiento del problema**

La industria de la minería en el Perú representa actualmente un gran aporte al PBI ya que la “actividad minera aporta en promedio con el 14% del Producto Bruto Interno nacional, representa más del 60% de las exportaciones totales y contribuye con cerca del 30% del impuesto a la Renta empresarial, entre otros.” (Instituto de ingenieros de minas del Perú, 2018)

En los últimos años la actividad minera en Apurímac ha logrado elevar los diversos indicadores, entre ellos económicos, permitiéndole cerrar brechas que lo alejaban del promedio nacional, un estudio realizado por el Centro para la Competitividad y Desarrollo (CCD), subraya que en los últimos cuatro años esta región está incorporándose rápidamente en el círculo virtuoso de la economía nacional, gracias a la etapa de construcción e inicio de operaciones de la mina (de Minerals and Metals Group - MMG). (La República, 2018)

Las mineras están comprometidas con el crecimiento y desarrollo social, pero descuidan muchas veces su manejo interno, tal es el caso como la mantenibilidad de los equipos de maquinaria pesada, que muchas veces no tienen una adecuada revisión y limpieza, estos ocasionados por una falta de gestión en la asignación de tareas y tiempos, produciendo sobrecostos en el mantenimiento de las maquinarias que muchas veces son pasadas por alto, pero al analizarlas detenidamente producen una carga económica elevada a fin de cada periodo.

La Supervisión de equipos de lavadero es relativamente compleja, dado que depende la bioseguridad y debe garantizar el trabajo continuo de los equipos ya que



muchas veces hay maquinaria parada produciendo la no obtención de los objetivos trazados, además de incrementar los costos de producción de la unidad minera.

## **1.1.2. Formulación del problema**

### **1.1.2.1. Problema general**

¿Reducirá los recursos gastados el diseñar un plan de mejora en la gestión de mantenimiento basado en la mantenibilidad de equipos de lavadero de camiones (truck shop) en la unidad minera?

### **1.1.2.2. Problemas específicos**

- ¿Cómo se llevara a cabo la supervisión de los diferentes equipos de lavado de los camiones Truck Shop para que la empresa involucrada tengan un buen éxito en sus acciones operativas?
- ¿Qué beneficios producirá el llevar a cabo un plan de mejora en la gestión de mantenimiento de los camiones Truck Shop?

## **1.2. Objetivos**

### **1.2.1. Objetivo General**

Diseñar un plan de mejora en la gestión de mantenimiento basado en la mantenibilidad de equipos de lavadero de camiones (truck shop) que reduzca los recursos gastados en la unidad minera.

### **1.2.2. Objetivo Especifico**

- Supervisar los diferentes equipos de lavado de los camiones truck shop para determinar los equipos necesarios para realizar el lavado de los camiones en la unidad minera
- Analizar los recursos económicos gastados por la unidad minera y compararlos con el plan de mejora en la gestión en los equipos de lavadero de camiones

## **1.3. Justificación e importancia**

- Actualidad: La empresa en estudio, así como las empresas relacionadas con el rubro productivo, cuentan con una deficiente gestión en el mantenimiento de lavados de sus camiones, es por ello que se pretende solucionar esa deficiencia.

- Trascendencia: El gestionar una determinada área de una empresa o una parte de ella, no se limita a cumplir los objetivos trazados, si no a mejorar el proceso del área supervisada, es por ello que no se debe limitar a cumplir con lo trazado, si no con la mejora continua.
- Utilidad: El plan de mejora servirá para las empresas del mismo rubro para que puedan comparar su plan actual con el propuesto para diferenciar los beneficios que podrían obtener.
- Trivialidad: El ámbito del mantenimiento de lavadero de camiones es poco estudiado, es por ello que el presente trabajo de investigación
- Efecto económico: La empresa involucrada podrá obtener camiones operativos y reducirá su capacidad ociosa.
- Académico: El trabajo servirá como antecedente para las personas que deseen mejorar en la gestión del mantenimiento de las losas de lavado para los camiones truck shop.

#### **1.4. Variable de la investigación**

Tabla 1: Variables de la investigación

<b>Variables</b>	<b>Definición conceptual</b>	<b>Dimensiones</b>	<b>Indicadores</b>
Variable independiente:  Plan de mejora para la gestión de mantenimiento	“El mantenimiento se define como el conjunto de procedimientos realizados a fin de conservar en óptimas condiciones de servicio a los equipos, maquinaria, e instalaciones de una planta, garantizando el correcto funcionamiento del proceso de producción industrial”. (Integramarkets, 2018)	Gestión de mantenimiento	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Gestión de equipos</li> <li>- Indicadores de gestión</li> <li>- Grados críticos y prioridad en el mantenimiento</li> <li>- Fiabilidad del mantenimiento</li> </ul>
Variable dependiente:  Mantenibilidad de equipos de lavadero de camiones (truck shop)	“Se refiere a la probabilidad de que ante una falla, esta pueda ser solucionada en un plazo menor al establecido en el procedimiento.”	Mantenibilidad de equipos	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Inspecciones técnicas</li> <li>- indicaciones del fabricante para el mantenimiento</li> <li>- Fichas generales de mantenimiento</li> </ul>
		Lavadero de camiones (truck shop)	<ul style="list-style-type: none"> <li>- ingreso al área de lavado</li> <li>- Presupuesto al área de lavado</li> <li>- Cronograma de entrada de los vehículos al centro de lavado</li> <li>- Horas hombre asignados a cada camión</li> </ul>

Fuente: Elaboración propia

## **1.5. Hipótesis**

### **1.5.1. Hipótesis general**

Con una adecuada gestión en el mantenimiento basado en la mantenibilidad de equipos de lavadero truck shop se obtendrá mejoras en la asignación de recursos (humanos, materiales y económicos), además de mejorar en sus gestiones operativas.

## **CAPÍTULO II: MARCO TEÓRICO**

### **2.1. Antecedentes del problema**

#### **2.1.1. A nivel nacional**

Rodríguez del Águila (2012) en su trabajo de investigación titulado “Propuesta de mejora de la gestión de mantenimiento basado en la mantenibilidad de equipos de acarreo de una empresa minera de Cajamarca”, propone:

Se ha descubierto que la maquinaria de marca Caterpillar presenta inconvenientes de diseño que reflejan una baja confiabilidad, sin embargo existe oportunidades del factor externo propio de la gestión del mantenimiento actual lo cual se refleja en el registro de causa de parada de los equipos en operación, por ejemplo: Equipos inoperativos en espera de repuestos y/o componentes, equipos inoperativos esperando mecánico, equipos inoperativos por soldadura, etc. Por lo cual su trabajo de investigación se enfocó en mejorar dentro del concepto de mantenibilidad los factores externos o extrínsecos que afecten a los resultados de la gestión actual en los equipos de acarreo de la empresa minera en Cajamarca.

Teniendo como principal propuesta que con la mejora en la gestión de mantenimiento basado en la mantenibilidad, se logrará el objetivo de disponibilidad mecánica establecido en la empresa minera de Cajamarca. (págs. 10 - 100)

López Chiotti (2018) en su trabajo de investigación titulado” Aplicación de un plan de mantenimiento preventivo para mejorar la productividad de la maquinaria pesada portuaria en la empresa APM terminal, callao 2017” nos describe que:

La actual problemática que tiene la empresa Apm Terminal es la falta de mantenimiento continuo de las maquinarias, para esto requiere la aplicación de un plan de mantenimiento preventivo para la flota de maquinarias Reach Stacker y

Empty Handler, para que se conserve la maquinaria e incremente su tiempo de vida útil, identificó que el plan de mantenimiento actual es deficiente y generado diversos problemas en los equipos como son: paradas constantes, congestionamiento en las zonas de producción y esto se debe a la falta de insumos y repuestos para la ejecución del mantenimiento, afectando el área de operaciones. En el plan de mantenimiento se encuentra muchas disconformidades que se describe a continuación: la ejecución del mantenimiento preventivo no se aplica de manera adecuada por la falta de conocimiento del personal técnico, no existe un mantenimiento predictivo en la maquinarias, con lo cual se espera que ocurran averías o fallas para recién ejecutar plan de acción de manera correctiva en las máquinas, por lo tanto, estas deficiencias ocasionan un inadecuado desempeño y así mismo acortando su vida útil de la máquina, por lo tanto, generando gastos que afectan al presupuesto del área de mantenimiento y la organización. (pág. 11)

### **2.1.2. A nivel local**

Huisa Huaynaci (2018) en su trabajo de investigación titulado “Sistema de gestión de mantenimiento para los equipos de la central térmica de independencia” nos dice que;

La instalación de los equipos se encuentra ubicada en la Central Térmica Independencia, Distrito Independencia, Provincia de Pisco, departamento de Ica, Republica del Perú. Dicha central pertenece a la Empresa de Generación Eléctrica del Sur S.A – Egesur S.A. La mencionada Central Térmica posee motores de combustión interna que tienen como finalidad la transmisión de potencia y torque para la generación eléctrica mediante su acople a un generador eléctrico, por motor. Existen 4 motores además de sus sistemas auxiliares en la mencionada Central Térmica, que tienen una cuota aproximada del 65% de la energía eléctrica producida por Egesur S.A. (HUISA HUAYNACI, 2018)

Teniendo como objetivo principal el diseñar una gestión de mantenimiento para los equipos de la C.T. Independencia con la finalidad de mejorar las gestiones en la misma. (HUISA HUAYNACI)

El autor propone las siguientes recomendaciones en su trabajo de investigación:

- ✓ Definir un equipo y líder de trabajo que involucre a los responsables de la gestión de mantenimiento de la C.T. Independencia para realizar la

implementación del sistema de gestión de mantenimiento propuesto. (HUISA HUAYNACI)

- ✓ Motivar constantemente al personal de mantenimiento para que participe en la mejora de sus procesos, transmitiendo la idea de mejora continua, con: charlas de sensibilización, concursos de conocimientos referentes al sistema de gestión de mantenimiento, boletines y elección del técnico delta de manera mensual, creando así un ambiente de competitividad e integración de los trabajadores. (HUISA HUAYNACI)
  
- ✓ Programar capacitaciones que involucren al 100% del personal de la C.T. Independencia, en temas referentes a la gestión de mantenimiento y sistemas de gestión de calidad ISO 9001:2015. (HUISA HUAYNACI)

## **2.2. Bases teóricas**

### **2.2.1. Gestión del Mantenimiento**

“El mantenimiento se define como el conjunto de procedimientos realizados a fin de conservar en óptimas condiciones de servicio a los equipos, maquinaria, e instalaciones de una planta, garantizando el correcto funcionamiento del proceso de producción industrial”. (Integramarkets, 2018, pág. 4)

A raíz de los diversos cambios en la producción industrial, y con el nacimiento de la revolución industrial, se hizo necesario el crear las herramientas que puedan verificar el error antes de que se presente o corregirlo de manera oportuna, a este concepto se refiere el mantenimiento.

También es necesario mencionar sobre la fiabilidad, que es prevenir que las fallas ocurran antes de que estas aparezcan en la maquinaria.

#### **2.2.1.1. Beneficios de gestionar operaciones de mantenimiento**

- Minimiza el costo por falla de maquinaria
- Optimiza los inventarios, teniendo los repuestos necesario
- Es símbolo de seguridad al personal ya que brindan confiabilidad en el desarrollo de sus tareas
- Consigue repuestos más económicos
- El uso de recursos se optimiza
- Incrementa el tiempo de vida útil de los equipos. (Integramarkets, 2018, pág. 4)

### **2.2.1.2. Clases de mantenimiento**

- Mantenimiento Preventivo - Correctivo: “previene fallas y las corrige cuando las mismas se presenten.” (Integramarkets, 2018, pág. 5)
- Mantenimiento Productivo Total (TPM): radica su importancia en que los colaboradores deben revisar sus maquinarias como parte de sus actividades de trabajo, ya que ellos conocen mejor la máquina que usan. (Integramarkets, 2018, pág. 5)
- Mantenimiento Basado en Fiabilidad (RCM): se anticipa a la aparición de las fallas para que se apliquen las correcciones necesarias. (Integramarkets, 2018, pág. 5)
- Mantenimiento como Cliente Interno de Producción: el área que se encarga de reparar a maquinaria, hace a su vez de quien usara el producto como el de proveedor para verificar la eficiencia del trabajo realizado. (Integramarkets, 2018, pág. 5)
- Administración del Mantenimiento: formado por el personal encargado del área administrativa que se enfoca en la gestión, supervisión, planificación, entre otros, para lograr el incremento en la eficiencia del uso de los recursos. (Integramarkets, 2018, pág. 5)
- Gestión Integral del Mantenimiento: Une a todas las áreas de la empresa como pueden ser la de logística, producción, inspección, administrativa, etc funcionando como un parte integrada en la organización de la empresa. (Integramarkets, 2018, pág. 6)

### **2.2.1.3. Tipos de estrategias de mantenimiento**

- a. Mantenimiento Correctivo: Se aplica una vez que el problema se presente para realizar las acciones necesarias y poner la maquinaria funcionando nuevamente. (Integramarkets, 2018, pág. 6)
- b. Mantenimiento en Uso: Se basa en la inspección mediante la observación, apuntes, limpieza, etc. (Integramarkets, 2018, pág. 6)
- c. Mantenimiento Preventivo: Se presenta cuando se requiere prevenir las fallas, ya que busca que su maquinaria este en perfectas condiciones durante su proceso productivo, evitando las paradas. (Integramarkets, 2018, pág. 6)
- d. Mantenimiento Predictivo: Mediante los documentos o registros de la información sobre el mantenimiento de las maquinarias, se busca identificar las principales fallas, de esta manera solucionarlas cuando sucedan y no gastar demás en recursos. (Integramarkets, 2018, pág. 6)



- e. Mantenimiento Periódico: Basa sus mantenimientos en un determinados cronogramas, que no interfieran con el ciclo productivo de la maquinaria. (Integramarkets, 2018, pág. 6)
- f. Mantenimiento a Cero Horas: Se caracteriza por poner la maquinaria como nueva, es decir, el mantenimiento es a tal grado que la maquinaria aguantaría un nuevo ciclo productivo. (Integramarkets, 2018, pág. 7)
- g. Mantenimiento de Verificación: cuando la maquinaria requiera un cambio de gran importancia pues se presenta este tipo de mantenimiento, ya que se basa en las piezas internas con gran importancia. (Integramarkets, 2018, pág. 7)
- h. Mantenimiento de Calibración: revisión y ajuste de parámetros con la finalidad de mantener la máquina en su punto ideal de funcionamiento. (Integramarkets, 2018, pág. 7)
- i. Mantenimiento Integrado: se basa en la colaboración de todos los colaboradores ya sean operarios, técnicos, administrativos, directivos, etc. puedan estar involucrados en el mantenimiento. (Integramarkets, 2018, pág. 7)

#### **2.2.1.4. Gestión de Equipos**

Para realizar una buena gestión de los equipos se debe de identificar el lugar donde están instalados los mismos, para esto se hace necesario contar con una lista detallada de todos las maquinarias que ahí se encuentren y también debe estar detallado la función que estas cumplen, así como las indicaciones mínimas para su correcto mantenimiento. (Integramarkets, 2018, pág. 9)

- a. Hojas de registro de equipos, la maquinaria se puede clasificar mediante formularios comunes dentro de la organización que pueden contener información detallada sobre la maquinaria. A continuación los principales campos de registro que debería tenerse sobre cada equipo. (Integramarkets, 2018, pág. 9)
  - Detalle de la maquinaria
  - Especificaciones de la maquinaria
  - Funciones que cumple en la producción
  - Manual de funcionamiento
  - Valores de referencia en cuanto a su funcionabilidad correcta
  - Punto crítico de la maquinaria
  - Mantenibilidad recomendada

- Repuestos clasificados de acuerdo a su criticidad
  - Cualquier otro dato de importancia
- b. Hoja de historial de mantenimiento, es la ficha que contiene los detalles en cuanto a mantenimiento que se realizó a la maquinaria. (Integramarkets, 2018, pág. 10)

Así tenemos:

- Vida Física: “es el tiempo de vida que la maquinaria se usa dentro de la producción, dándole la mantenibilidad adecuada” (Integramarkets, 2018, pág. 10)
- Vida en el Mercado: “Tiempo en el cual una maquinaria se oferta en el mercado, cuando esta deja de estar ofertada se intuye que su vida en ella ha culminado.” (Integramarkets, 2018, pág. 10)
- Vida Tecnológica: “tiempo de vida de la maquinaria hasta que aparezca otra con mucha más practicidad y mejor desenvolvimiento.” (Integramarkets, 2018, pág. 10)
- Vida Económica: “cuando su vida se basa en los años (depreciación).” (Integramarkets, 2018, pág. 10)

#### **2.2.1.5. Gestión de repuestos**

Consiste en la manera como planifica el área encargada para la adquisición de los repuestos que requiera, con la finalidad de mantener la cantidad necesaria en el almacén (sin exceso de sobrantes ni faltantes), además mide grados críticos, tiempo que el proveedor demora en entregar, entre otros. (Integramarkets, 2018, pág. 10)

Se puede establecer las siguientes categorías de repuestos:

- Según su necesidad en planta:
  - ✓ Los necesarios dentro del inventario en el área productiva.
  - ✓ Los que se requiere tener identificado a quien lo vende, tiempo de fabricación, su valor, etc.
  - ✓ Los que no son necesarios tener en cuenta (repuestos indiferentes). (Integramarkets, 2018, pág. 11)
- Según su facilidad de adquisición:
  - ✓ Repuesto genérico, se reemplaza por otros fabricados por otros proveedores.
  - ✓ Repuesto estándar, que son vendidos por varios proveedores.
  - ✓ Repuesto específico, Solo un fabricante específico es quien lo

- ✓ Repuesto alternativo, que es fabricado por otro proveedor a medida de lo que la maquinaria lo necesite. (Integramarkets, 2018, pág. 11)

Criterios a tener en cuenta en la selección y compra del repuesto:

- Criticidad del equipo, se basa en el grado de importancia de acuerdo a la maquinaria.
- Consumo periódico, son los que se usan frecuentemente en la empresa para mantener la producción, y se identifican mediante una lista para poder tenerlos listos en caso se requiera. (GARCÍA Garrido, 2003, pág. 122)
- Plazo de entrega, se basa en el tiempo que demora en llegar un repuesto al área de mantenimiento, ya que hay algunos proveedores que demoran en la fabricación y/o entrega del repuesto. (GARCÍA Garrido, 2003, pág. 122)
- Costo del repuesto, se basa en clasificar los repuestos en grado a su precio, ya que si un repuesto cuesta demasiado seria derroche de dinero mantenerlo en stock y es mejor mantener identificado al proveedor para que lo envíe cuando sea requerido (GARCÍA Garrido, 2003, pág. 122)
- Costo de parada del equipo, el costo perdido cuando la maquinaria deja de funcionar y se contrasta con el costo de seguir produciendo para ver cuál es más conveniente. (GARCÍA Garrido, 2003, pág. 123)
- Alternativas que ofrece el mercado.

#### *2.2.1.5.1. Identificación de repuestos que deben permanecer en Stock*

Podemos clasificar a los repuestos de acuerdo a su grado de importancia, en A si es demasiado importante en B si es medianamente importante y en C si su uso es indiferente, mantener identificado a los productos ayudara a la empresa a que elaboren un mejor plan de acción en cuando a los repuestos que deberían tener en stock. (GARCÍA Garrido, 2003, pág. 123)

El diagrama que podemos utilizar para la selección de repuesto figura en la página siguiente.

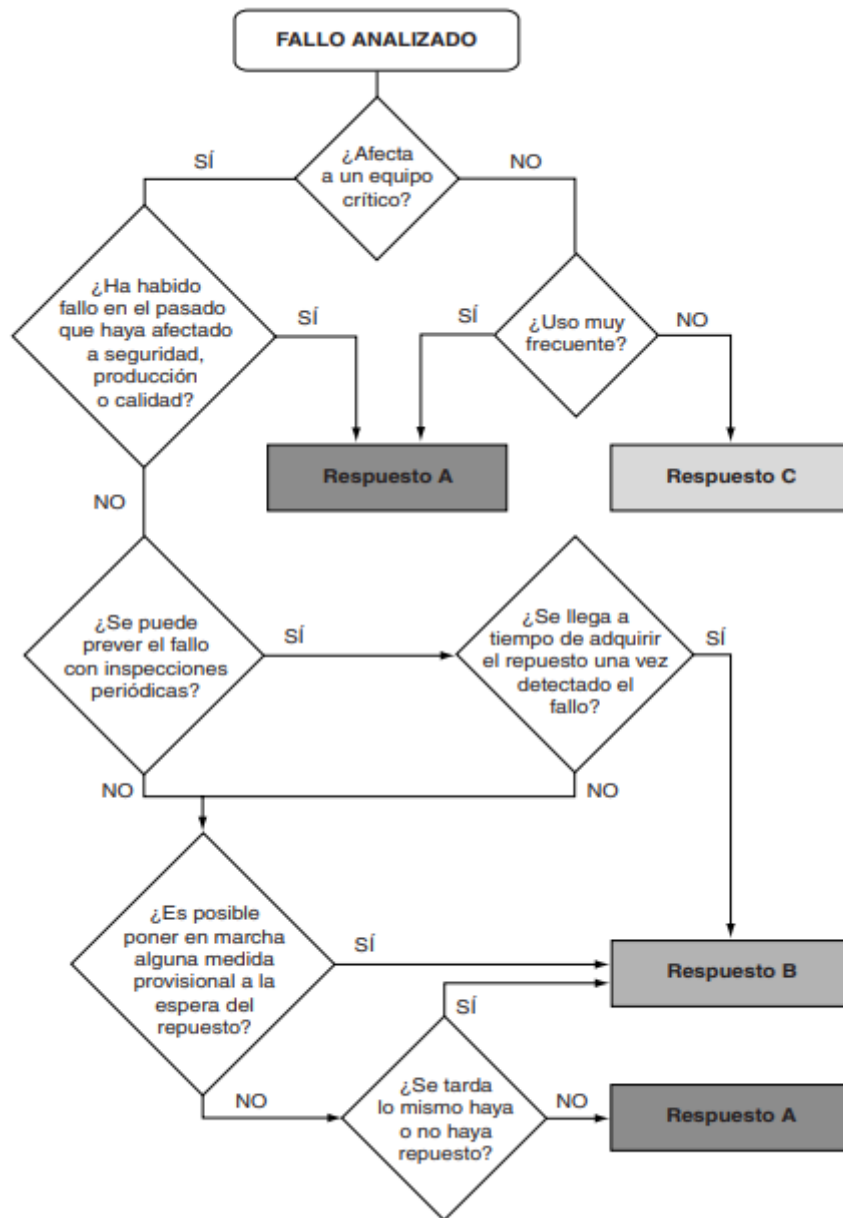


Ilustración 1: Determinación del repuesto que debe permanecer en Stock

Fuente: García (2003), p. 124

Leyenda:

- ✓ Repuesto A: Repuesto que debe permanecer en stock.
- ✓ Repuesto B: Repuesto que no es necesario mantener en stock, pero debe estar localizable.
- ✓ Repuesto C: Indiferente (GARCÍA Garrido, 2003, pág. 124)

#### **2.2.1.5.2. Registro de identificación de los repuestos**

La totalidad de los repuestos en el inventario deber ser identificables, para ello es necesario consignar los siguientes datos:

- Codificación
- Clase
- Modelo de reposición
- Detalle de función y técnico
- Referencia en el mercado
- Quien lo fabrica o vende
- Inspecciones que se debe realizar
- La manera de inventariarlo
- Ubicación en el inventario
- Código del repuesto.
- Precio

#### **2.2.1.6. Gestión de los recursos humanos**

El recurso humano es de vital importancia en cualquier organización, es por ello que se debe contar con el mejor talento para el desarrollo de todas las actividades dentro de la misma, además se debe contar con el personal necesario, ya que tener más personal del necesario significa perdida de dinero, y tener menos resultara en paradas de la producción o incluso un mal desempeño de la maquinaria. (Integramarkets, 2018, pág. 13)

##### **2.2.1.6.1. Personal para integrar el departamento de Mantenimiento:**

###### **a. Gerente de Mantenimiento**

“Se encarga de gestionar el área de mantenimiento”. (Integramarkets, 2018, pág. 14)

Sus principales actuaciones son:

- ✓ Crear objetivos y brindar las formas para lograrlos
- ✓ Elaborar un presupuesto
- ✓ Define las políticas y procesos en el trabajo.
- ✓ Organizar a los colaboradores y designar a los encargados

###### **b. Jefe Técnico**

“Es el encargado por su conocimiento técnico, conoce el área a profundidad y conoce por experiencia cuales son los puntos deficientes.” (Integramarkets, 2018, pág. 15)

Sus principales funciones son:

- ✓ Crear un Plan de Mantenimiento.
- ✓ Elaborar informes técnicos.
- ✓ Gestiona la información de la maquinarias
- ✓ Coordina conjuntamente con el área de proyectos e ingeniería
- ✓ Lidera las posibles implementaciones. (Integramarkets, 2018, pág. 15)

c. Jefe de Planeamiento

“Tiene a su cargo la planificación de operaciones que se desarrollan dentro el área.” (Integramarkets, 2018, pág. 15)

Sus principales funciones son:

- ✓ Crea un plan de mantenibilidad
- ✓ Planifica las diversas actividades en cuanto a mantenimiento
- ✓ Elabora un registro de los recursos que se requerirán
- ✓ Gestiona y planifica la adquisición de los repuestos
- ✓ Elabora planes de capacitación a los colaboradores (Integramarkets, 2018, pág. 15)

d. Jefe de Mantenimiento

“Es el responsable de la ejecución del Plan de Mantenimiento, junto con su equipo de trabajo desempeñan sus actividades en campo.” (Integramarkets, 2018, pág. 16)

Sus principales funciones son:

- ✓ Lidera el trabajo de mantenimiento dentro del área
- ✓ Gestiona los encargos técnicos, asignando los recursos necesarios.
- ✓ Mantiene una agenda donde detalla a personal requerido y sus turnos de trabajo
- ✓ Soluciona los imprevistos que suceden en el área. (Integramarkets, 2018, pág. 16)

e. Supervisor de área

“El departamento de mantenimiento puede dividirse en diversas áreas, y requieren un supervisor en cada una de ellas para el logro de sus objetivos.” (Integramarkets, 2018, pág. 16)

Sus principales funciones son:

- ✓ Lidera los equipos de trabajo
  - ✓ Gestiona los recursos humanos, materiales y presupuesto del área.
  - ✓ Garantiza la disponibilidad de la maquinaria en su área.
- f. Personal de campo
- “Está conformado los obreros, técnicos, técnicos de turno, ayudantes, etc., que desempeñan sus operaciones dentro de la planta, cada quien con interpretaciones y admisiones específicas de su puesto.” (Integramarkets, 2018, pág. 16)

### **2.2.1.7. Indicadores de gestión (KPI)**

Los Indicadores de Gestión, también llamados KPIs (Key Performance Indicators) miden el nivel de desarrollo en los procesos, para ver el logro de los objetivos trazados, para ver con qué herramientas se debe aplicar para incrementar el éxito de las operaciones realizadas. (Integramarkets, 2018, pág. 20)

Características de los indicadores de la gestión de mantenimiento son:

- Son manejables en cuanto a sus datos a revelar
- Son de carácter representativo en las tareas realizadas
- Deben rebatir las buenas prácticas de trabajo de otros crecimientos y/o entidades.
- Deben motivar la competitividad
- Deben ser solo unos cuantos (los más representativos o representativos).
- Deben ser concebidos partiendo del tratamiento del parámetro a ser medido.
- Deben reponer a la verdad actual, por cuanto deben ser adaptables al cambio.
- Deben aprobar aforar parámetros que sean vívidos (no se puede calcular poco que no cambia).
- Deben estar orientados para aprobar tácticas de trabajo orientado a la mejoría continua. (Integramarkets, 2018, pág. 21)

Una técnica utilizada para la definición de Indicadores (KPIs) es la técnica conocida como "SMART", la cual recomienda que los Indicadores cumplan con el siguiente criterio:

- Específicos (Specific)
- Medibles (Measurable)
- Alcanzables (Attanaible)
- Relevantes (Relevant)
- A Tiempo (Time based) (Integramarkets, 2018, pág. 22)



Ilustración 2: Técnicas de Indicadores de gestión (KPIs)

Fuente: IntegraMarkets (2018) Gestión y Planificación del Mantenimiento Industrial, p. 22

Algunos ejemplos sobre Gestión de Mantenimiento mediante KPI son:

- Medir las fallas en cuanto a las veces que se presentó y relacionarlo con la totalidad de las fallas.
- Los gastos o costos preventivos entablados con los costos por paradas para realizar el mantenimiento correctivo.
- Evaluar el la maquinaria reparada con el número total de las mismas para conocer el nivel de importancia que tiene el realizar las labores de mantenimiento. (Integramarkets, 2018, pág. 23)



Indicadores relevantes del mantenimiento		
Indicador	Unidad	Fórmula
Disponibilidad	%	$\frac{MTBF}{MTBF + MTTR}$
Tasa de mantenimiento preventivo	%	$\frac{\text{Horas planificadas para PM}}{\text{Total horas planificadas}}$
Número de llamadas	Número	Número de llamadas del personal de mantenimiento durante un periodo dado
Tasa de realización de las actividades de mantenimiento preventivo	%	$\frac{\text{Número de actividades llevadas a cabo}}{\text{Número de actividades previstas}}$
Costo del mantenimiento comparado con la nueva condición de valor	Número	$\frac{\text{Costo de mantenimiento}}{\text{Valor del activo en las nuevas condiciones}}$
Costo del personal	%	$\frac{\text{Costo del personal}}{\text{Costo total de mantenimiento}}$
Costo de los subcontratistas	%	$\frac{\text{Gastos en subcontratistas}}{\text{Costo total de mantenimiento}}$
Costo de los proveedores industriales	%	$\frac{\text{Consumo de partes industriales}}{\text{Costo total de mantenimiento}}$

Ilustración 3: Indicadores relevantes del mantenimiento

Fuente: IntegraMarkets (2018) Gestión y Planificación del Mantenimiento Industrial, p. 23

### 2.2.2. Planificación de operaciones de mantenimiento industrial

- a. Mantenibilidad: “es la probabilidad de que ocurra una falla, para poder solucionarla en el tiempo más corto posible.” (Integramarkets, 2018, pág. 24)
- b. Tiempo medio entre paradas: “Es el tiempo que la maquinaria permanece sin estar en sus labores productivas.” (Integramarkets, 2018, pág. 24)
- c. Áreas críticas: “Son los lugares donde se pueden formar los denominados cuellos de botella, son áreas que requieren más atención para evitar las paradas.” (Integramarkets, 2018, pág. 24)
- d. Áreas especiales: “Se refiere a la infraestructura, ya que debe haber áreas de libre entrada como áreas de uso específico.” (Integramarkets, 2018, pág. 24)
- e. Áreas protegidas: “Generalmente son la áreas donde se hacen labores especiales y deben ser protegidas de cualquier tipo de manipulación no deseada.” (Integramarkets, 2018, pág. 25)

### **2.2.2.1. Planificación de trabajos de mantenimiento**

Los pasos para la Planificación y Ejecución de trabajos de mantenimiento que nos recomienda IntegraMarkets (2018) en el libro “Gestión y Planificación del Mantenimiento Industrial” son:

1. Analizar el estado de la maquinaria, para identificar qué tipo de correcciones se debe realizar y establecer los recursos que se emplearían en la misma. (Integramarkets, 2018, pág. 25)
2. Establecer los objetivos para realizar el mantenimiento en determinada maquinaria. (Integramarkets, 2018, pág. 25)
3. Agrupar los elementos sujetos a mantenimiento en base a criterios como características.
4. Establecer los procedimientos que van a ser necesarios, como la cantidad de colaboradores, ingenieros, posibles herramientas, repuestos, entre otros.
5. Establecer un cronograma para la correcta comunicación entre las áreas responsables.
6. Elaborar plan de actividades, que reflejen las tareas en cuanto a los colaboradores.
7. Elaborar un plan de contingencia, en caso se requiera.
8. Elaborar un Informe sobre el trabajo realizado
  - La maquinaria que fueron sujetos a mantenimiento
  - Resultado del mantenimiento realizado
  - Duración que duro el mantenimiento
  - Repuestos y piezas que se usaron
  - Colaboradores que estuvieron a cargo
  - Recursos gastados
  - Detalle de lo que se realizo
  - Conclusiones y recomendaciones de lo que se realizó. (Integramarkets, 2018, pág. 27)
9. Evaluar el desempeño del trabajo realizado, dicha debe ser documentada. (Integramarkets, 2018, pág. 27)

### **2.2.3. Grado crítico y prioridad en el mantenimiento**

Las maquinarias tienen diferentes tipos de producción, y cumplen con diferentes procesos en la misma, a su vez tienen un costo diferente, partiendo de este enunciado es

que se llega a establecer el nivel de criticidad o importancia para su mantenimiento, ya que es de mucha mayor importancia tener las herramientas correctivas necesarias para mantener en correcto funcionamiento a las maquinarias que cumplen con un nivel mayor en el proceso productivo que otras que son de proceso secundario, además de que se tiene que establecer el costo de parada, es decir que si una maquinaria esta sin uso, ver el costo de perdida que se tendría de mantener esta máquina. (Integramarkets, 2018, pág. 28)

El grado de criticidad establece el rango de clase y de anterioridad para la ayuda de recursos de alimento, se pueden fijar cuatro escalones de criticidad:

- a. Equipos críticos: “Son aquellos equipos cuya falla o avería provoca la parada de la producción, reduciendo los recursos que pudiera recaudar la empresa.” (Integramarkets, 2018, pág. 28)
- b. Equipos importantes: “Su avería afecta de gran medida a los recursos económicos recaudados por la empresa, pero a diferencia del anterior, estos recursos si pueden llegar a ser recuperables.” (Integramarkets, 2018, pág. 28)
- c. Equipos necesarios: “Son maquinaria o equipos que son requeridos en la producción de la empresa, pero estos pueden detener su funcionamiento por determinados periodo de tiempo para poder ser reemplazados o solucionar sus posibles fallas.” (Integramarkets, 2018, pág. 28)
- d. Equipos prescindibles: “Son maquinaria o equipos que no afectan a la producción ya que pueden estar sin funcionamiento y no afectar en el proceso productivo, mas solo estarían ocupando espacio demás en la empresa.” (Integramarkets, 2018, pág. 28)

### ***2.2.3.1. Categorías de prioridad para la atención de trabajos de mantenimiento***

- Tareas urgentes: “son impostergables, si una maquinaria llega con este tipo de etiqueta, pues los operarios del área de mantenimiento deberán de dejar lo que están haciendo para solucionar este tipo de problemas.” (Integramarkets, 2018, pág. 29)
- Tareas importantes: “son tareas de gran importancia, pero pueden mantener su espera y no afectar al cronograma de mantenimientos ni al proceso productivo.” (Integramarkets, 2018, pág. 29)

- Tareas de rutina: “Son tareas que se deben cumplir en el tiempo asignado, de manera obligatoria, esta tarea puede demandar 1 día y sin embargo decir que se acabará en 3 días, pero deberá acabarse forzosamente en esos 3 días ya que después de ese tiempo afectará seriamente al proceso productivo.” (Integramarkets, 2018, pág. 29)
- Tareas programadas: “Se basa en el mantenimiento programado, ya que se hacen cuando se realizan paradas en la planta y no afecta al proceso productivo.” (Integramarkets, 2018, pág. 29)
- Tareas proactivas: “Son aquellas realizadas con el objetivo de anticipar una ocurrencia de falla, surgen de manera libre, y se efectúan por iniciativa propia, por experiencia, o por sentido común.” (Integramarkets, 2018, pág. 29)
- Tareas secundarias: “Son aquellas tareas que pueden postergarse hasta algún momento donde exista tiempo disponible para atenderlas, y no afecta a la producción.” (Integramarkets, 2018, pág. 29)

#### **2.2.4. Planificación basada en fiabilidad (RCM)**

El Mantenimiento basado en la Fiabilidad o por sus siglas en inglés RCM” Reliability Centered Maintenance”, es una técnica de trabajo que busca estar por encima de los resultados, y se basa en la inspección de cada falla o avería de forma muy rigurosa, analizando tanto la forma en que sucedió como el modo en el cual surgió, viendo las consecuencias que le producirán a la empresa. (Integramarkets, 2018, pág. 32)

Principales beneficios de la implementación del RCM:

- Mantiene los gastos de mantenimiento bajos (pág. 32)
- Establece objetivos realizables y alcanzables (pág. 32)
- Las paradas son reducidas drásticamente (pág. 32)
- Establece lazos de comunicaciones entre el área de mantenimiento y producción (pág. 33)
- Reduce las fallas que tienen mayor significancia en el proceso de producción (pág. 33)
- Los tiempo que se emplea en la reparación se ven reducidos (pág. 33)
- Localiza fallas o averías ocultas y determinas sus causas (pág. 33)
- Reduce drásticamente el riesgo de que la producción se pierda (pág. 33)

### **2.2.4.1. Fases para la implementación del Mantenimiento basado en la Fiabilidad**

Las fases para la implementación del mantenimiento basado en la fiabilidad según Integramarkets (2018) son:

1. Objetivos de acuerdo a las políticas del área (pág. 33)
2. Establecer el equipo de trabajo que se hará cargo (pág. 33)
3. Selección de equipos de trabajo (pág. 33)
4. Análisis de las posibles fallas que puedan surgir, así como las que ya se han producido (pág. 33)
5. Determinar la manera de cómo se produjo las fallas (pág. 33)
6. Selección un método de trabajo que sea económico y sobretodo eficiente (pág. 33)
7. Elaborar un plan de trabajo, así como las labores a realizar (pág. 33)
8. Verificar el desempeño de lo que se ha empleado (pág. 33)
9. Optimizar los procesos que lo requieran (pág. 33)

### **2.2.5. Plan de mantenimiento**

Un plan de mantenimiento es un conjunto programado de las labores a realizar, estas pueden seguir algún tipo de criterio o no, estas labores realizadas por el plan de mantenimiento son generalmente basadas en un mantenimiento preventivo. (RENOVETEC, 2013)

El plan de mantenimiento engloba tres tipos de actividades:

- Rutinarias, aquellas que son necesarias hacerlas habitualmente, casi diariamente.
- Programadas, dentro de las programadas se tienen las que se realizan en las paradas de producción y las otras durante el largo del año. (RENOVETEC, 2013)

Al término de cada tarea, se sigue de 5 pasos referentes a esta, las cuales son:

#### **a. Frecuencia**

Existen dos formas:

- ✓ Estableciendo periodicidades fijas (RENOVETEC, 2013)
- ✓ En cuanto a sus horas empleadas en la producción (RENOVETEC, 2013)

b. Especialidad

Se debe recalcar que cada colaborador está especializado en su área, y sería una pérdida de recursos humanos enviar un ingeniero a hacer las labores de un obrero. Algunas de las tareas que se deben tener en cuenta son:

- ✓ Operación. son llevadas a cabo por los colaboradores que realiza operaciones de instalación. (RENOVETEC, 2013)
- ✓ Mecánica. Requieren especialistas en montar y desmontar equipos, así como labores relacionadas a estas. (RENOVETEC, 2013)
- ✓ Instrumentación. Van más relacionados a labores de electricidad.
- ✓ Predictivo. Los profesionales que las llevan a cabo son generalmente técnicos especialmente entrenados en estas. (RENOVETEC, 2013)
- ✓ Limpieza técnica. Se requiere de conocimientos muy específicos y normalmente se contratan personas externas. (RENOVETEC, 2013)

c. Duración

Este factor muchas veces es estimado, ya que en la práctica puede presentarse un mayor tiempo en el mantenimiento de la maquinaria, así como podría acabarse en menos tiempo del previsto. (RENOVETEC, 2013)

d. Permiso de trabajo

Existen tareas que van a necesitar permisos especiales para llevar a cabo su mantenimiento (RENOVETEC, 2013)

e. Máquina parada o en marcha

Para determinadas maquinarias será necesario que se incurra en la parada de la producción para llevar a cabo el mantenimiento, y hacer un plan para llevar a cabo esto resultará mucho más fácil sin incurrir en las pérdidas económicas de la empresa. (RENOVETEC, 2013)

## **2.2.6. Documentación para gestionar el mantenimiento de equipos y máquinas**

El Responsable de Mantenimiento dispone de la siguiente documentación para gestionar el mantenimiento de equipos y máquinas: (GUZMAN DE LA FUENTE, 2016)

- Plano de situación de maquinarias (GUZMAN DE LA FUENTE, 2016)
- Listado de maquinaria en Mantenimiento (GUZMAN DE LA FUENTE, 2016)
- Plan de Mantenimiento de las maquinarias (GUZMAN DE LA FUENTE, 2016)
- Ficha Técnica de las maquinarias (GUZMAN DE LA FUENTE, 2016)

- Historial de Revisiones y Reparaciones que se realizaron (GUZMAN DE LA FUENTE, 2016)
- a. Plano de situación de Equipos y Máquinas:  
Plano donde se indica la localización y códigos de todos los equipos y maquinaria objeto de este procedimiento. (GUZMAN DE LA FUENTE, 2016)

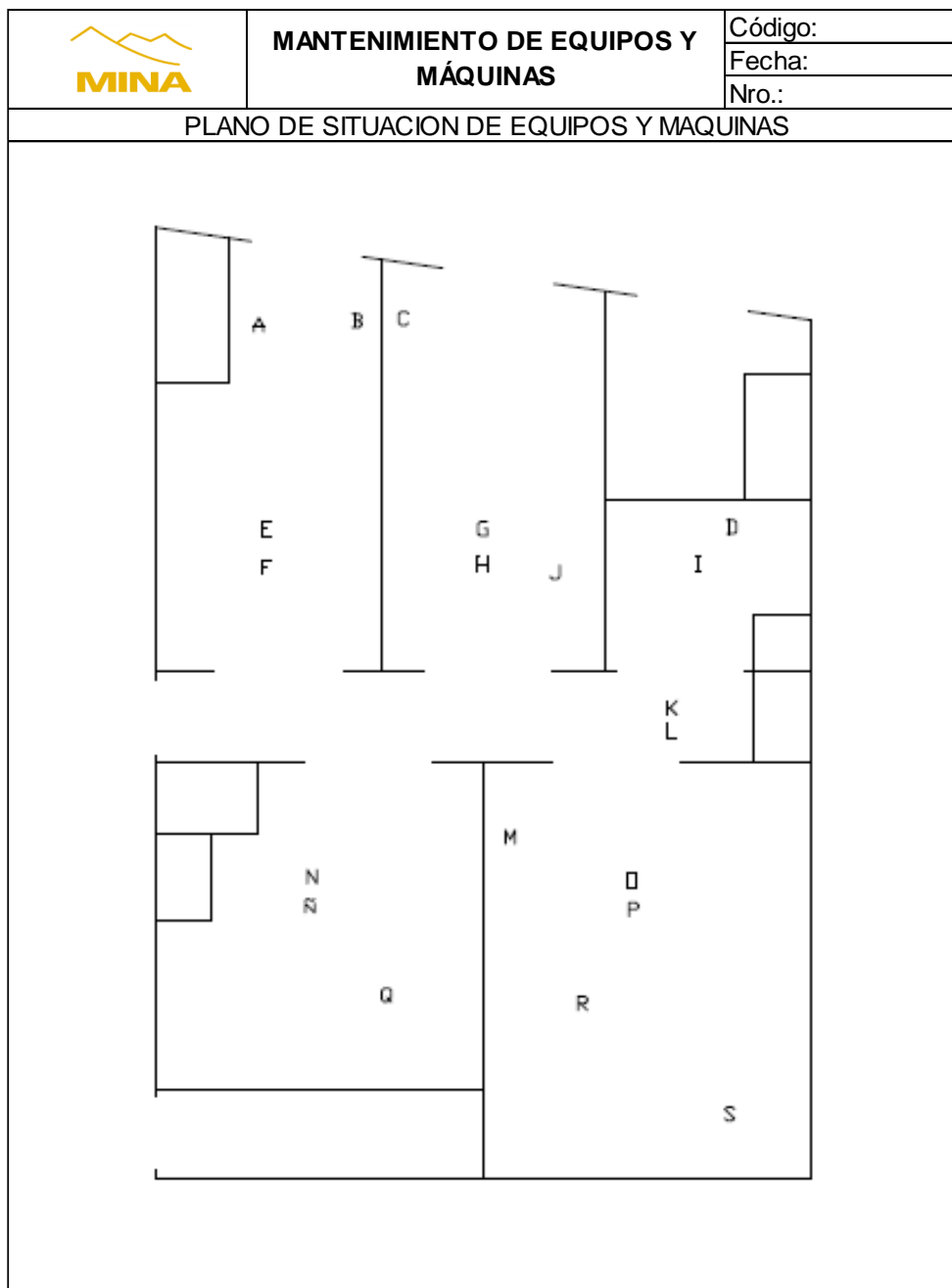


Ilustración 4: Plano de situación de Equipos y Máquinas

Fuente: Elaboración propia

b. Listado de Equipos y Máquinas Bajo Mantenimiento:

Es un listado de todas las maquinas que van a realizar el procedimiento de mantenimiento, esta lista detalla varios aspectos como lo son: código, mantenimiento realizado, etc. (GUZMAN DE LA FUENTE, 2016)

MDP - MANTENIMIENTO DE EQUIPOS Y MAQUINAS		REG.-MANT.-01-	PAG. DE
<i>Fecha de aprobación:</i>		<i>fecha de próxima evaluación:</i>	
<b>LISTADO DE EQUIPOS Y MAQUINAS BAJO MANTENIMIENTO</b>			
MAQUINA/EQUIPO	CÓDIGO	CORRECTIVO	PREVENTIVO
<b>APROBACIÓN DEL LISTADO</b>			
Fecha:		Firma:	
Elaborado por:			
V° B° Gerencia:			
Observaciones:			

Ilustración 5: Listado de Equipos y Máquinas Bajo Mantenimiento

Fuente: Elaboración propia



- c. Plan de Mantenimiento de Equipos y Máquinas: se basa en elaborar el plan de mantenimiento adecuado a cada tipo de maquinaria, para que puedan cumplir con su función normal. (GUZMAN DE LA FUENTE, 2016)

<b>MDP - MANTENIMIENTO DE EQUIPOS Y MAQUINAS</b>		<b>REG.-MANT.-02-</b>	<b>PAG. DE</b>
<i>Fecha de aprobación:</i>		<i>fecha de próxima revisión:</i>	
Plan de Mantenimiento de Equipos y Máquinas			
<b>PLAN DE MANTENIMIENTO PREVENTIVO</b>			
MAQUINA/EQUIPO		CÓDIGO	
TAREA		PERIODICIDAD	
<b>APROBACIÓN DEL PLAN DE MANTENIMIENTO PREVENTIVO</b>			
Fecha:		Firma:	
Elaborado por:			
V° B° Gerencia:			
Observaciones:			

Ilustración 6: Plan de Mantenimiento de Equipos y Máquinas

Fuente: Elaboración propia

d. Ficha Técnica del Equipo o Máquina:

Refleja todos los datos del equipo, como su código, que fabricante lo hizo, que día entro a la empresa, descripción detallada, etc. esta ficha deberá ser archivada por el encargado del área y estos documentos servirán para realizar un plan de mantenimiento preventivo al área encargada. (GUZMAN DE LA FUENTE, 2016)

MDP - MANTENIMIENTO DE EQUIPOS Y MAQUINAS		REG.-MANT.-03-	PAG. DE
<i>Fecha de aprobación:</i>		<i>fecha de próxima evaluación:</i>	
<b>FICHA TÉCNICA DE LA MAQUINA/EQUIPO</b>			
CÓDIGO:		FABRICANTE:	
FECHA DE ENTRADA:		FECHA DE FABRICACIÓN:	
DESCRIPCIÓN:			
CONTACTOS			
NOMBRE	CARGO	EMPRESA	TELF.
			

Ilustración 7: Ficha Técnica del Equipo o Máquina

Fuente: Elaboración propia

e. Historial de Revisiones y Reparaciones:

En este formato se registrara el historial de las reparaciones o inspecciones que se realizó a las maquinarias. (GUZMAN DE LA FUENTE, 2016)

MDP - MANTENIMIENTO DE EQUIPOS Y MAQUINAS		REG.-MANT.-04-	PAG.	DE
HISTORIAL DE REVISIONES/REPARACIONES				
MAQUINA/EQUIPO			CÓDIGO	
TAREA (DESCRIPCIÓN, HORAS, PERSONAL, REPUESTOS, IMPORTE, ETC)			HORA/FECHA	
			INICIO:	
			FINALIZACIÓN:	
			INICIO:	
			FINALIZACIÓN:	
			INICIO:	
			FINALIZACIÓN:	

Ilustración 8: Historial de Revisiones y Reparaciones

Fuente: Elaboración propia

## **2.2.7. Lavado de vehículos mineros**

### **2.2.7.1. Importancia del lavado de los vehículos de carga**

La suciedad obstaculiza el rendimiento de las maquinarias, incluso reduce la seguridad de estas, además de que se puede apreciar un desgaste mucho mayor, sin embargo no se puede simplemente lavar con una manguera y agua, ya que estos equipos requieren de una infraestructura ideal para realizarlo como lo son de bombas de agua, drenaje adecuado e incluso de plantas que traten el agua usada ya que esta agua terminará con residuos que contaminan el medio ambiente.

Además de que las zonas mineras están cerca de áreas verdes o zonas pobladas, es por ello que se requiere contar con el equipo especializado, ya que hacerlo de manera inadecuada e irresponsable terminará con multas elevadas que deberá asumir la empresa.

Lo primero que debe hacerse es identificar el equipo de lavado que se deberá usar para el lavado, el cual puede variar de acuerdo con los cambios estacionales de clima, una de las cosas básicas que se requiere es un removedor para sacar la suciedad acumulada en las superficies, así como una manguera de agua caliente para remover la grasa y el aceite, si hubiera hielo se requerirá equipo para remover hielo con una válvula de control y un tanque para líquido anticongelante. (ENRIQUE FREYE, 2018)

## **2.3. Definición de términos básicos**

- Plan de mantenimiento: Es el conjunto de tareas de mantenimiento programado, agrupadas o no siguiendo algún tipo de criterio, y que incluye a una serie de equipos.
- Gestión de mantenimiento: Es esencial para garantizar la continuidad de la actividad operativa, evitando rupturas en el proceso por averías de máquinas y equipos.
- Supervisión: Es la acción de supervisar, un verbo que supone ejercer la inspección de un trabajo realizado por otra persona. Fuente: propia
- Unidad minera: Mina ubicada en el departamento Apurímac que se dedica a la extracción principalmente de cobre y otros minerales.
- Mantenimiento: Se refiere a la conservación de un equipo a fin de evitar su prematuro deterioro.

- **Mantenibilidad:** Es la propiedad de un sistema que representa la cantidad de esfuerzo requerida para conservar su funcionamiento normal o para restituirlo una vez se ha presentado un evento de falla.
- **Lavadero de equipos pesados:** Los vehículos mineros trabajan en condiciones extremas y requieren mantenimientos frecuentes para operar segura y efectivamente.
- **Equipos pesados: Maquinaria rodante de construcción o minería:** Vehículo automotor destinado exclusivamente a obras industriales incluidas las de minería.
- **Acarreo:** “carrus” vehículo de transporte, por lo cual el acarreo es la acción de trasladar por carro o de otro modo, incluso inmaterial.

## **CAPÍTULO III: METODOLOGÍA**

### **3.1. Metodología aplicada para el desarrollo de la solución**

#### **3.1.1. Tipo de investigación**

Investigación aplicada, para Carrasco (2006) esta investigación se distingue por tener propósitos prácticos inmediatos bien definidos, es decir, se investiga para actuar, transformar, modificar o producir cambios en un determinado sector de la realidad. Para realizar investigaciones aplicadas es muy importante contar con el aporte de las teorías científicas, que son producidas por la investigación básica y sustantiva. (págs. 43,44)

El presente trabajo de investigación es aplicada porque busca mejorar la gestión en el proceso del mantenimiento en el lavado de los vehículos pesados, buscando la mayor eficacia para lograr una mejora en la asignación de recursos, además que se analizará los resultados sin aplicar el plan de mejora y otra aplicando el plan de mejora.

#### **3.1.2. Nivel de investigación**

El presente trabajo de investigación es descriptivo porque detalla el proceso actual de mantenimiento de los camiones y es de tipo explicativo porque expondrá las causas y efectos de implementar un nuevo plan de mejora basado en la mantenibilidad del lavadero de camiones.

Descriptivos: Con los estudios descriptivos se busca especificar las propiedades, las características y los perfiles de personas, grupos, comunidades, procesos, objetos o cualquier otro fenómeno que se someta a un análisis. Es decir, únicamente pretenden medir o recoger información de manera independiente o conjunta sobre los conceptos o las variables a las que se refieren, esto es, su objetivo no es indicar cómo se relacionan éstas. (Hernández Sampieri, Fernández Collado, & Baptista Lucio, 2014, pág. 92).

Explicativo o causal: Los estudios explicativos van más allá de la descripción de conceptos o fenómenos o del establecimiento de relaciones entre conceptos; es decir, están dirigidos a responder por las causas de los eventos y fenómenos físicos o sociales. Como su nombre lo indica, su interés se centra en explicar por qué ocurre un fenómeno y en qué condiciones se manifiesta o por qué se relacionan dos o más variables. (Hernández Sampieri, Fernández Collado, & Baptista Lucio, 2014, pág. 95)

### **3.1.3. Diseño de investigación**

- Diseño pre experimental: “Se denomina diseño pre experimental a aquellas investigaciones en la que su grado de control es mínimo, se caracteriza por el estudio de una sola medición, es decir aplicar un tratamiento a un grupo y después realizar una medición para observar cual es el nivel de los efectos en estas variables.” (Hernández Sampieri, Fernández Collado, & Baptista Lucio, 2014, pág. 141)

El trabajo de investigación tiene un diseño pre experimental ya que se analizará a la unidad de lavado en un momento determinado para posteriormente analizar sus resultados del plan de mejora en la gestión del lavadero de camiones.

### **3.1.4. Métodos científicos de investigación**

El método puede definirse como los modos, las formas, las vías o caminos más adecuados para lograr objetivos previamente definidos “(...) los métodos científicos pueden clasificarse en generales, específicos y particulares. Se emplean según los propósitos y el tipo de problema que se pretende resolver con la investigación.” (Carrasco Díaz, 2006, págs. 269 - 271)

- a. Métodos generales:” se refieren a todos los que se pueden emplear en investigaciones o estudios diversos, es decir, se aplican a todas las ciencias en general. Tenemos el método dialectico, el comparativo y el histórico”. (Carrasco Díaz, 2006, pág. 271)
- ✓ El método comparativo: “Es otro método general que permite conocer la totalidad de los hechos y fenómenos de la realidad estableciendo sus semejanzas y diferencias en forma comparativa. Los resultados de las comparaciones metodológicas nos llevan lógicamente a encontrar la verdad“. (Carrasco Díaz, 2006, pág. 272)

- b. Métodos específicos: “se emplean para el estudio de una determinada parte de la realidad, analizando las cualidades y conexiones internas de los hechos sociales o naturales”. (Carrasco Díaz, 2006, pág. 272)
  - ✓ Método analógico: Se emplea cuando la investigación se necesita analizar y describir la unidad y nexos internos entre los hechos o fenómenos de la realidad que se investiga. Este método tiene la propiedad de determinar la generalidad en la particularidad y la particularidad en la generalidad, que implica conocer la relación esencial de los hechos objeto de investigación. (Carrasco Díaz, 2006, págs. 272 - 273)
- c. Método inferencial:” es el que permite realizar la inducción y la deducción en los procesos de análisis y síntesis de los hechos y fenómenos que se investiga”. (Carrasco Díaz, 2006, pág. 273)
  - ✓ M. I. Deducción: Permite conocer a partir de las características generales de la teorías científicas, es decir su estudio va de lo general a lo particular.

Se utiliza el método comparativo para analizar los resultados propuestos con los que la empresa maneja normalmente, analógico porque se requirió analizar y describir los procesos del mantenimiento en el lavado de vehículos y finalmente se usó la deducción ya que primero se analizó de manera general los aspectos prácticos y teóricos para irlos analizando de manera específica.

### **3.2. Unidad de estudio**

Se estudiara a la unidad de lavado de una minera.

#### **3.2.1. Población**

La población está constituida por 30 unidades de maquinaria pesada.

#### **3.2.2. Muestra**

Se considerará una muestra no probabilística, ya que nuestra población es menor de 30 camiones, es decir se utilizara como muestra a las 30 unidades de maquinaria pesada.

### **3.3. Fuentes de recolección de datos**

- Fichas de Inspecciones técnicas
- Fichas de ingreso al área de lavado
- Documento de mantenimiento del fabricante
- Presupuesto asignado al área de lavado



- Cronograma de entrada de los vehículos al centro de lavado
- Fichas de Horas hombre asignados a cada camión de acarreo
- Ficha general de mantenimiento

### 3.4. Técnicas e instrumentos

Tabla 2: Técnicas e instrumentos de investigación, variable independiente

TECNICAS	INSTRUMENTOS
V. Independiente: 1. Análisis documental	V. independiente: 1. revisión documentaria

Fuente: Elaboración propia

Tabla 3: Técnicas e instrumentos de investigación, variable dependiente

TECNICAS	INSTRUMENTOS
1. Análisis documental	1. revisión documentaria
2. Observación no experimental	2. Fichas de observación
3. Análisis informático	3. M.S. Excel
4. Entrevista asistemática	4. Ficha de apuntes

Fuente: Elaboración propia

### 3.5. Análisis estadístico

Para analizar los resultados obtenidos se hará en base a la hipótesis propuesta que se denominará hipótesis alterna en contraste con la hipótesis nula, estas serán:

- H0: Con la gestión en el mantenimiento de los equipos de lavadero truck shop NO se obtendrá mejoría en la asignación de recursos.
- H1: Con la gestión en el mantenimiento de los equipos de lavadero truck shop SE obtendrá una mejoría en la asignación de recursos.

Tabla 4: Gastos por cada camión

DETALLE	SIN GESTIÓN		CON GESTIÓN	
	Frecuencia de entrada	Gastos por camión	Frecuencia de entrada	Gastos por camión
Camión 1	33	14,789.08	32	13,157.55
Camión 2	31	13,892.78	31	12,746.37
Camión 3	32	14,340.93	32	13,157.55
Camión 4	35	15,685.39	32	13,157.55
Camión 5	30	13,444.62	30	12,335.20
Camión 6	31	13,892.78	30	12,335.20
Camión 7	32	14,340.93	31	12,746.37
Camión 8	32	14,340.93	32	13,157.55
Camión 9	32	14,340.93	32	13,157.55
Camión 10	31	13,892.78	30	12,335.20
Camión 11	29	12,996.47	28	11,512.85
Camión 12	35	15,685.39	34	13,979.89
Camión 13	31	13,892.78	31	12,746.37
Camión 14	34	15,237.24	32	13,157.55
Camión 15	32	14,340.93	32	13,157.55
Camión 16	33	14,789.08	33	13,568.72
Camión 17	30	13,444.62	29	11,924.03
Camión 18	35	15,685.39	32	13,157.55
Camión 19	32	14,340.93	32	13,157.55
Camión 20	34	15,237.24	34	13,979.89
Camión 21	31	13,892.78	30	12,335.20
Camión 22	33	14,789.08	33	13,568.72
Camión 23	34	15,237.24	33	13,568.72
Camión 24	32	14,340.93	32	13,157.55
Camión 25	32	14,340.93	30	12,335.20
Camión 26	33	14,789.08	32	13,157.55
Camión 27	32	14,340.93	32	13,157.55
Camión 28	31	13,892.78	31	12,746.37
Camión 29	33	14,789.08	33	13,568.72
Camión 30	32	14,340.93	31	12,746.37
<b>TOTAL</b>	<b>967</b>	<b>433,365.00</b>	<b>946</b>	<b>388,970.00</b>

Fuente: Elaboración propia

## **PASO 1: PLANTEAMIENTO DE LA HIPOTESIS**

$$H_0 = H_1$$

$$H_1 < H_0$$

Donde en la primera afirmamos que la hipótesis nula mantiene los mismos gastos que la hipótesis alterna, en la segunda afirmamos que la hipótesis alterna tiene menos gasto que la hipótesis nula.

## **PASO 2: IDENTIFICACIÓN DE LA SIGNIFICANCIA**

Para este paso tomaremos el 5% de error

Es decir nuestro alfa será de 0.05

$$\alpha = 0.05$$

## **PASO 3: PRUEBA A ESCOGER**

Debido a que son 2 muestras, se aplicará la prueba:

- T-student para 2 muestras relacionadas

## **PASO 4: CALCULAR EL “P” VALOR**

Se debe analizar el si la variable de gastos se comporta normalmente, o sea verificar la normalidad, para esto debemos basarnos en los siguientes datos:

- Kolmogorox-Smirnov = muestras grandes (>30)
- Chapiro Wilk = muestras pequeñas (<30)

Teniendo los datos mencionados, debemos basarnos también en los criterios para determinar la normalidad:

- P-valor =>  $\alpha$ , se debe aceptar  $H_0$  = los datos provienen de una distribución normal
- P-valor <  $\alpha$ , se debe aceptar  $H_1$  = los datos NO provienen de una distribución normal

Para determinar si la prueba tiene normalidad, se analizará los datos por el estadístico SPSS 25, mediante la prueba de Chapiro Wilk.

Tabla 5: Prueba de normalidad - Shapiro Wilk

	<b>Pruebas de normalidad</b>					
	Kolmogorov-Smirnov <sup>a</sup>			Shapiro-Wilk		
	Estadístico	gl	Sig.	Estadístico	gl	Sig.
Gastos0	,195	30	,005	,945	30	,127
Gastos2	,232	30	,000	,931	30	,052

a. Corrección de significación de Lilliefors

Fuente: SPSS v. 25, Elaboración propia

Gastos0 = Sin implementación de la gestión del plan de mejora

Gastos2 = Con implementación de la gestión del plan de mejora

Con la tabla de SPSS, trabajaremos con los datos de Shapiro-Wilk para determinar la normalidad de los datos de los gastos:

Tabla 6: Análisis de la Normalidad

<b>NORMALIDAD</b>		
P-valor (sin gestión)=0.127	>	. $\alpha$ = 0.05
P-valor (con gestión)=0.052	>	. $\alpha$ = 0.05
Conclusión:  Los datos de los gastos provienen de una distribución normal.		

Fuente: Elaboración propia

## **PASO 5: DECISIÓN**

Para aceptar o rechazar el criterio propuesto se debe tener en cuenta que:

- Si la probabilidad obtenida P-valor <  $\alpha$ , se rechaza la H0 y se acepta la H1
- Si la probabilidad obtenida P-valor >  $\alpha$ , se rechaza la H1 y se acepta la H0

Para ello analizaremos los datos que se obtienen en el estadístico SPSS aplicando la prueba T student para muestras relacionadas, la cual es:

Tabla 7: Prueba T student para muestras emparejadas

<b>Prueba de muestras emparejadas</b>									
Diferencias emparejadas									
		Media	Desv. Desviación	Desv. Error promedio	95% de intervalo de confianza de la diferencia		t	gl	Sig. (bilateral)
			n	o	Inferior	Superior			
Gastos0	-	1479,7	387,09	70,67	1335,16	1624,24	20,94	29	,000
Gastos2									

Fuente: SPSS v. 25, Elaboración propia

También es necesario muestras la siguiente tabla de medias y desviaciones:

Tabla 8: Media y desviaciones

<b>Estadísticas de muestras emparejadas</b>					
		Media	N	Desv. Desviación	Desv. Error promedio
Par 1	Gastos0	14445,5000	30	672,67478	122,81305
	Gastos2	12965,8000	30	568,81525	103,85098

Fuente: SPSS v. 25, Elaboración propia

Con los datos de la prueba T student (significancia bilateral) podemos concluir que:

Tabla 9: Decisión estadística

<b>DECISIÓN</b>		
P-valor (con gestión)=0.000	<	$\alpha = 0.05$
<p>Conclusión:</p> <p>Hay una diferencia significativa en las medias de los gastos antes y después del plan de mejora. Por lo cual se concluye que el plan de mejora si tiene efectos significativos sobre el gasto en el lavado de camiones de las unidades mineras.</p> <p>Incluso el promedio de gastos bajo de 14 445.00 soles a 12 965.80 soles</p>		

Fuente: Elaboración propia

## CAPÍTULO IV: ANÁLISIS Y DISEÑO DE LA SOLUCIÓN

### 4.1. Identificación de requerimientos

#### 4.1.1. Lista de Exigencias

Tabla 10: Lista de exigencias

LISTA DE EXIGENCIAS			Pág. ___ de ___
			Edición:
<b>PROYECTO:</b>	<b>PLAN DE MEJORA PARA LA GESTIÓN DE MANTENIMIENTO BASADO EN LA MANTENIBILIDAD DE EQUIPOS DE LAVADERO DE CAMIONES (TRUCK SHOP) EN LAS UNIDADES MINERAS</b>		Fecha:
			Revisado:
<b>CLIENTE:</b>			Elaborado:
CARACTERÍSTICA	DESEO O EXIGENCIA	DESCRIPCIÓN	Responsable
Función:	E	Permitirá la adecuada gestión en el envío de camiones al centro de lavado, al igual de mejorar la asignación de recursos humanos.	Paccara, Javier
Maquinaria:	E	<ul style="list-style-type: none"> <li>* Bomba de aire para aplicación de detergente</li> <li>* Bomba eléctrica y bomba hotsy</li> <li>* Cañones y mangueras de presión</li> <li>* Cisterna 10 mil galones</li> <li>* Boad CAT</li> </ul>	Paccara, Javier
Infraestructura:	E	<ul style="list-style-type: none"> <li>* Posa sedimentadora de lodo</li> <li>* Serpentines primarios y secundarios</li> <li>* Plataforma de lavado</li> </ul>	Paccara, Javier

Herramientas:	E	<ul style="list-style-type: none"> <li>* Casco de seguridad</li> <li>* Guantes y botas de jebe</li> <li>* Ropa de agua</li> <li>* Lentes de seguridad</li> <li>* Respirador con filtro</li> <li>* Careta facial</li> <li>* Arnés de seguridad</li> </ul>	Paccara, Javier
Materiales:	E	<ul style="list-style-type: none"> <li>* Candados lock out y tag out</li> <li>* Tacos de seguridad</li> <li>* Protector de retrovisores</li> <li>* Salchichas y paños absorbentes</li> </ul>	Paccara, Javier
Gestión Personal:	E	<ul style="list-style-type: none"> <li>* 3 ayudantes y supervisor de lavado (+ 1 rotativo) - Diciembre, enero, febrero y marzo</li> <li>* 2 ayudantes y supervisor de lavado (+ 1 rotativo) - Abril, octubre y noviembre</li> <li>* 1 ayudante y supervisor de lavado (+ 1 rotativo) - Mayo, junio, agosto y setiembre</li> </ul>	Paccara, Javier
Mantenimiento:	D	<ul style="list-style-type: none"> <li>* De correctivo a preventivo y predictivo</li> </ul>	Paccara, Javier
Señales:	E	<ul style="list-style-type: none"> <li>* indicaciones bien segmentadas</li> <li>* indicaciones de encendido, apagado y operando, correctamente señalizados</li> </ul>	Paccara, Javier
Costos:	D	<ul style="list-style-type: none"> <li>* No requiere de inversión adicional</li> </ul>	Paccara, Javier

Fuente: Elaboración propia

#### **4.1.2. Descripción del Procedimiento para el lavado**

##### **4.1.2.1. Requisitos para empezar el lavado**

1. El líder de lavadero al iniciar el turno debe realizar una charla con el personal y el tema a tratar dependerá a la necesidad del trabajo

2. Se debe tener en cuenta el uso del EPP (equipo de protección al personal) para evitar accidentes o situaciones que puedan poner en riesgo su vida, el EPP obligatorio para el área de lavado de camiones es:

- Casco



Ilustración 9: Casco de seguridad

Fuente: Sodimac

- Guantes de jebe



Ilustración 10: Guantes de jebe

Fuente: Sodimac

- Botas de jebe





Ilustración 11: Botas de jebe

Fuente: Sodimac

- Ropa de agua



Ilustración 12: Ropa para lavado

Fuente: Sodimac

- Lentes de seguridad



Ilustración 13: Lentes de Seguridad

Fuente: Sodimac

- Respirador con filtro para agua pulverizada



Ilustración 14: Respirador con filtro

Fuente: Sodimac

- Careta facial para aplicar desengrasante



Ilustración 15: Careta facial para aplicar desengrasantes

Fuente: Sodimac

3. El líder debe verificar que se encuentra con las herramientas necesarias para empezar las operaciones y que estas se encuentren en correcto funcionamiento, las herramientas a verificar son:
- Bomba de aire para aplicar detergente



Ilustración 16: Bomba de aire para aplicar detergente

Fuente: Losa de lavado, unidad minera

- Cañones y mangueras de alta presión



Ilustración 17: Cañones y mangueras de alta presión

Fuente: Losa de lavado, unidad minera

- Bombas eléctricas y bomba hotsy



Ilustración 18: Bomba eléctrica y bomba hotsy

Fuente: Losa de lavado, unidad minera

- Candados lock out tag out



Ilustración 19: Candados lock out tag out

Fuente: Losa de lavado, unidad minera

- Tacos de seguridad



Ilustración 20: Tacos de Seguridad

Fuente: Losa de lavado, unidad minera

4. Finalmente el líder registrara el estado de los equipos y herramientas en el formato check list de cambio de guardia

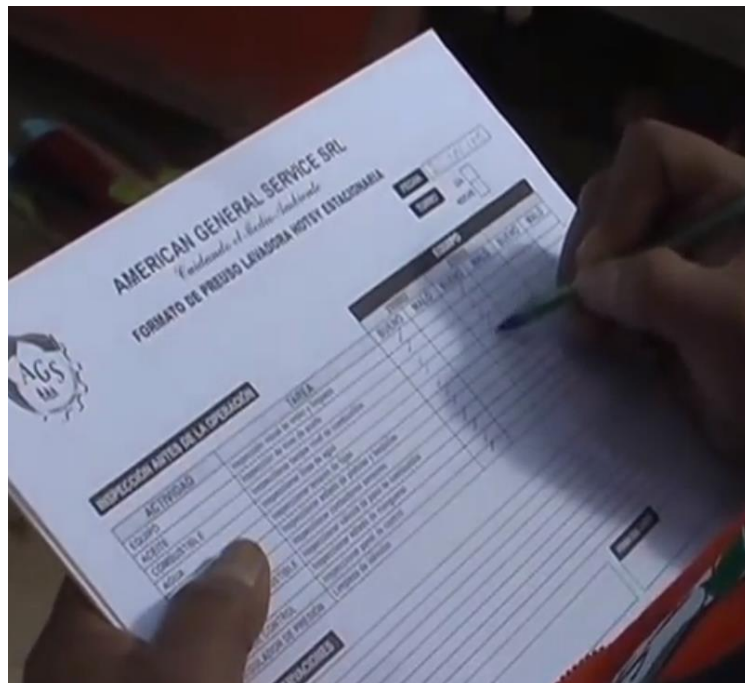


Ilustración 21: Registro del estado de equipos

Fuente: Losa de lavado, unidad minera

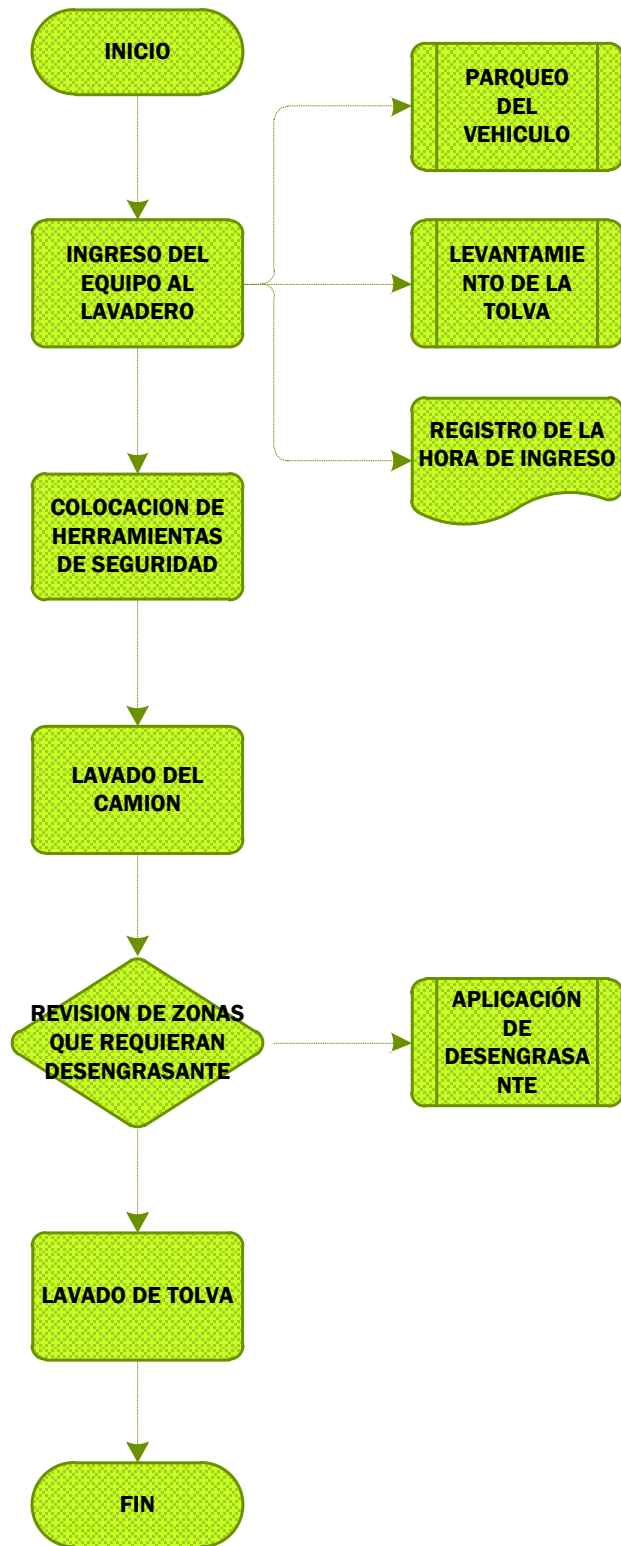


Ilustración 22: Flujo grama del proceso de lavado

Fuente: Elaboración propia



#### 4.1.2.2. Procedimiento del ingreso del equipo al lavadero

1. Previa coordinación con el líder el operador del vehículo anunciara su llegada por radio y tocando el claxon, luego de lo cual entrara al parqueo



Ilustración 23: Ingreso de camión al lavadero

Fuente: Losa de lavado, unidad minera

2. El ingreso del equipo al lavadero se realiza a través de función vigía de tres personas ya que la marcha se produce en retroceso, lo vigías se ubicaran en el punto ciego del equipo y visible al operador para dar la señal del ingreso del mismo e indicar el lugar donde se estacionara.



Ilustración 24: Parqueo del camión

Fuente: Losa de lavado, unidad minera

3. Una vez estacionado el operador levantara la tolva luego apagara el equipo y descenderá del mismo.



Ilustración 25: Descenso del operario del camión

Fuente: Losa de lavado, unidad minera

4. El líder y lavador registrara la hora de ingreso del vehículo, realizaran el análisis de riesgo de la tarea a realizar y anotaran la información en el formato HCR.

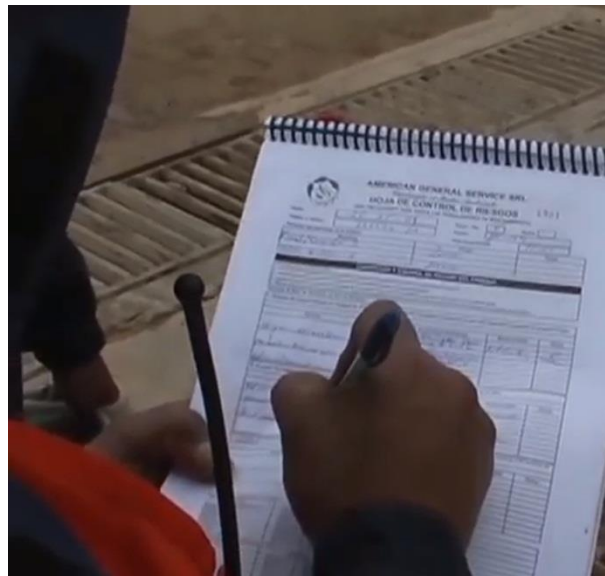


Ilustración 26: Registro de la hora de ingreso y análisis de riesgo

Fuente: Losa de lavado, unidad minera



#### 4.1.2.3. Lavado del equipo en plataforma

1. El personal procederá a colocar candados lock out tag out, tacos de seguridad, estrobo o seguro de la tolva (levantado), protectores de los espejos retrovisores, línea de anclaje en la línea superior del chasis del equipo, y finalmente los protectores a: los respiradores de los combustibles, dirección hidráulica y diferencial.

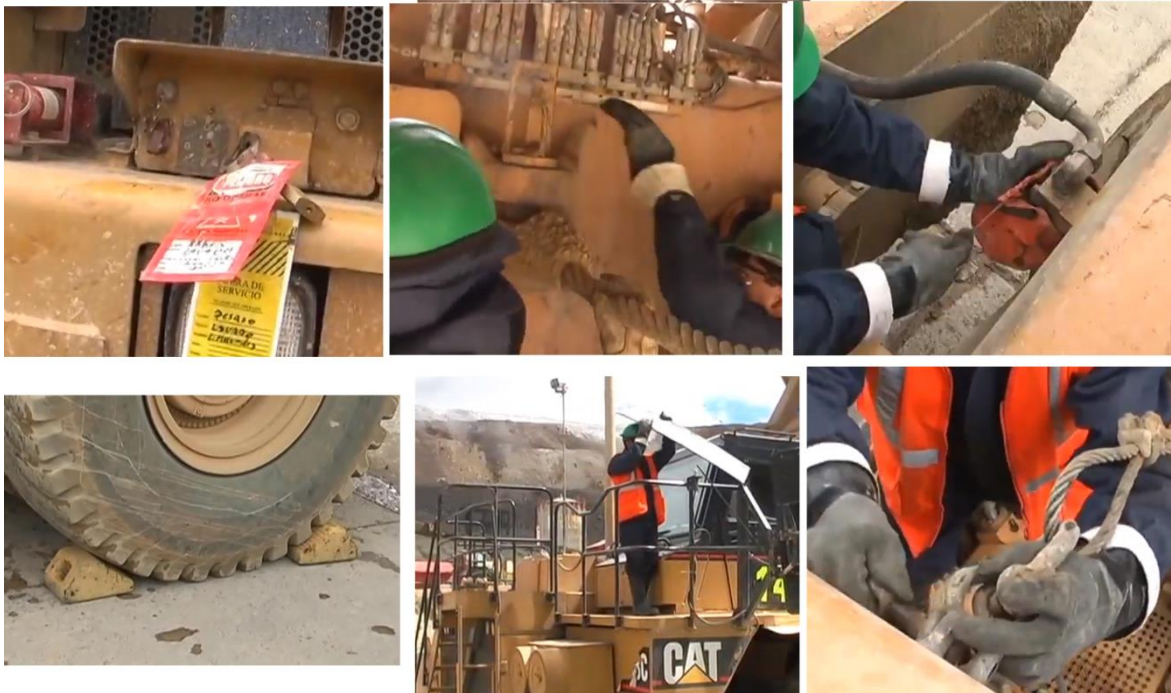


Ilustración 27: Colocación de seguros

Fuente: Losa de lavado, unidad minera

2. El lavador debe estar colocado en posición estable y sujetar firmemente con las dos manos con la manguera con dirección al piso, una vez hecho esto el líder y el lavador procederán a encender las bombas de las mangueras.



Ilustración 28: Verificación de las bombas

Fuente: Losa de lavado, unidad minera

3. Acto seguido se iniciara el lavado por la parte delantera, llantas, dirección, tanque de combustible, hidráulico, cilindros de levante, diferencial, llantas traseras y finalmente el motor, los lavadores coordinaran con el líder para que se apaguen las bombas.



Ilustración 29: Inicio del lavado

Fuente: Losa de lavado, unidad minera

4. Para el lavado de la tolva se deberá mantener estable la posición de los cañones y se apuntara firmemente a la tolva, una vez finalizado el lavado de la tolva el líder procederá al apagado de los cañones



Ilustración 30: Lavado de tolva

Fuente: Losa de lavado, unidad minera

5. En caso de que fuera necesario aplicar desengrasantes pues se deberá revisar las partes donde existe exceso de fugas de grasa, aceites, combustibles, etc.



Ilustración 31: Revisión para aplicación de desengrasante

Fuente: Losa de lavado, unidad minera

6. Acto seguido se aplicara el desengrasante por presión de aire, y se esperara entre 10 a 15 minutos para que el desengrasante actúe, es muy importante que al aplicar el desengrasante colocarse la careta facial para protegerse el rostro y evitar que el producto ingrese a la vista.



Ilustración 32: Aplicación de desengrasantes

Fuente: Losa de lavado, unidad minera

7. Una vez culminado el tiempo de espera, extender la manguera de agua caliente cerca del equipo con visión al líder para dar la señal de encendido y proceda a lavar los componentes a los cuales se adicione desengrasante.



Ilustración 33: Aplicación de agua caliente al desengrasante

Fuente: Losa de lavado, unidad minera



8. Luego se pasará a lavar la parte superior del motor, para ello se anclara el arnés con la línea de anclaje para realizar el lavado de chasis y de los componentes que se encuentran en esta parte.



Ilustración 34: Lavado de la parte superior del motor

Fuente: Losa de lavado, unidad minera

9. Una vez culminado el proceso de lavado el líder comunicara al término de lavado del equipo al supervisor de guardia, para la revisión y salida del equipo.



Ilustración 35: Aviso de término de lavado al supervisor

Fuente: Losa de lavado, unidad minera

10. Lavador y líder retiraran la protección que se colocó en un principio para evitar filtración de agua y finalmente los candados de bloqueo, una vez realizado la inspección, la salida del equipo deberá ser guiada por el líder y los lavadores.



Ilustración 36: Retiro de seguros implementados

Fuente: Losa de lavado, unidad minera

#### **4.1.2.4. Limpieza de la plataforma**

1. Una vez finalizado todo el procedimiento de lavado, lavadores y líder deberán limpiar el material acumulado en la plataforma de lavado, esto se evacua con él con el boad cat a la plataforma de acumulación de lodo que está ubicada en la parte posterior de la plataforma de lavado, luego se lavará el excedente del lodo.



Ilustración 37: Limpieza de la plataforma

Fuente: Losa de lavado, unidad minera

#### **4.1.2.5. Procedimiento de recirculación de agua**

1. Una vez que ha finalizado el lavado de la maquina el equipo de lavadores se encargara de limpiar la plataforma para eliminar los residuos que hayan quedado por el procedimiento de lavado aplicado.



Ilustración 38: Lavado de la plataforma

Fuente: Losa de lavado, unidad minera

2. El agua usada pasa por un conducto ubicado en la parte izquierda de la plataforma de lavado, este conducto lleva el agua utilizada a una poza sedimentadora de lodos, donde se almacena para su uso posterior.



Ilustración 39: Poza sedimentadora de lodo

Fuente: Losa de lavado, unidad minera

3. En esta poza se encontrara unas salchichas minimizadoras de grasas al igual que paños absorbentes las cuales se encargaran de limpiar el agua, retirando la mayor cantidad de grasas y otras sustancias que puedan perjudicar al medio ambiente.



Ilustración 40: Salchichas y paños absorbentes

Fuente: Losa de lavado, unidad minera



- Una vez en la poza sedimentadora estas aguas pasan por 3 serpentines primarios, los cuales también tienen paños absorbentes de lodo, para ayudar a limpiar el transcurso de las agua.



Ilustración 41: Serpentines primarios

Fuente: Losa de lavado, unidad minera

- Luego de esto, las aguas pasan por 6 serpentines secundarios hasta llegar al conducto que finalmente absorberán las aguas hasta el interior de una cabina denominada “planta sedimentadora de lodos” aquí las aguas se trataran en tanques con filtro de carbón activado, para posteriormente ser limpiadas y obtener agua libre de desechos y grasas.



Ilustración 42: Serpentines secundarios

Fuente: Losa de lavado, unidad minera

6. Una vez en los tanques las aguas serán transportadas a través de líneas de conducción de aguas ubicadas en el suelo que se conectan con 2 cisternas de 10 mil galones ubicadas a los lados laterales de la plataforma de lavado, los cuales están conectados a las diferentes mangueras y cañones de lavados, volviéndose a usar el agua libre de contaminación y residuos ambientales.



Ilustración 43: Cisternas 10 mil galones

Fuente: Losa de lavado, unidad minera

#### **4.1.3. Identificación de procesos con falencias**

Los principales puntos débiles de la zona de lavado son:

1. Falta de existencia de un mantenimiento preventivo y periódico, la limpieza de los vehículos se hacen de manera “empírica”, es decir cuando el camión está con demasiado lodo o tierra, es recién cuando se hace la orden para enviarlo al lavadero, provocando así posibles cuellos de botella en la zona de lavado, perdiendo horas de trabajo.
2. Se tiene personal “sobrante” durante ciertos meses en la zona de lavado, ya que por cuestiones climáticas hay meses donde el camión requiere una menor cantidad de envíos al lavadero, pero al no contar con un plan periódico y preventivo, y hacerlo de manera casi “correctiva”, es que se mantiene a todo el personal en la zona de lavado para que puedan terminar de lavar los camiones en el “menor” tiempo posible.
3. Falta de un cronograma claro de parada de las maquinarias, al hacer la revisión de las fichas de entrada de los camiones, se tiene el patrón común de que la mayoría

de envíos al lavadero es cuando la maquinaria no es requerida en producción, por ende la premura en tener disponible la maquinaria en el menor tiempo posible no era del todo necesario.

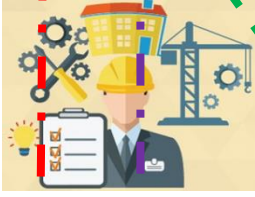


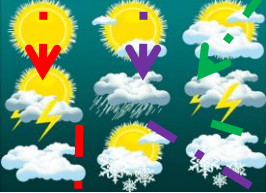
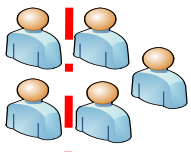
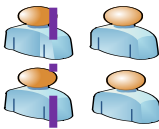
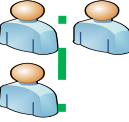
4. Se enviaron al lavadero camiones que no requerían un “lavado”, entraron a la zona de lavadero porque el supervisor de la zona de lavadero encuentra a su personal sin tareas a realizar.

## **4.2. Análisis de la solución**

### **4.2.1. Matriz morfológica**

Se expresa los problemas comunes en el área de lavado, para que se pueda trabajar en soluciones a través de la matriz morfológica, en donde se muestra que el problema mayor son las fechas donde hay mayor entrada de camiones.

Tabla 11: Matriz morfológica

FUNCIONES PARCIALES	ALTERNATIVA 1	ALTERNATIVA 2	ALTERNATIVA 3
Lavadero de camiones	Gestión de mantenimiento 		
Tipo de mantenimiento	Preventivo 	Periódico 	
Envío de los camiones a la losa de lavado	Situación climática 		
Camiones que ingresan a la losa de lavado	ALTO Diciembre, enero, febrero y marzo	REGULARES Abril, octubre y noviembre	BAJAS Abril, octubre y noviembre
Personal necesario para el cumplimiento del lavado	1 supervisor 3 ayudantes de lavado 1 personal rotativo 	1 supervisor 2 ayudantes de lavado 1 personal rotativo 	1 supervisor 1 ayudantes de lavado 1 personal rotativo 

Fuente: Elaboración propia

## **4.2.2. Alternativas de solución**

### **4.2.2.1. Alternativa 1**

En esta alternativa se presenta los meses de: Diciembre, enero, febrero y marzo; los cuales son meses donde entran mayor cantidad de camiones al lavadero, ya sea por cuestiones climáticas u otros factores externos.

Debido a esto, se propone que estos meses la cantidad de personal que cumpla las funciones en el lavadero sean:

- ✓ 1 supervisor de área
- ✓ 3 ayudantes de lavado
- ✓ 1 personal rotativo (que cubrirá al personal que no este de servicio)

### **4.2.2.2. Alternativa 2**

En esta alternativa se presenta los meses de: Abril, octubre y noviembre; los cuales son meses donde entran una cantidad regular de camiones al lavadero, esto se debe a que las probabilidades de que ocurran cambios climáticos son menores, pero aun así ocurren, produciendo que los camiones tengan la necesidad de entrar al lavadero.

Debido a esto, se propone que estos meses la cantidad de personal que cumpla las funciones en el lavadero sean:

- ✓ 1 supervisor de área
- ✓ 2 ayudantes de lavado
- ✓ 1 personal rotativo (que cubrirá al personal que no este de servicio)

### **4.2.2.3. Alternativa 3**

En esta alternativa se presenta los meses de: Abril, octubre y noviembre; los cuales son meses donde la cantidad de camiones que entran al lavadero es mínima, normalmente se desperdicia gran cantidad de recursos humanos en estos meses, es por ello que es necesario reducir drásticamente la cantidad de personal, además de que en estos periodos el lavado de los camiones se deberá hacer 2 veces, ya que el registro de entradas y revisiones técnicas procuran este número de requerimientos de mantenibilidad en el lavadero.

Debido a esto, se propone que estos meses la cantidad de personal que cumpla las funciones en el lavadero sean:

- ✓ 1 supervisor de área
- ✓ 1 ayudantes de lavado
- ✓ 1 personal rotativo (que cubrirá al personal que no este de servicio)

#### 4.2.3. Análisis técnico

Tabla 12: Análisis técnico

EVALUACIÓN TÉCNICA								
Criterios de Evaluación para diseños en fase de proyectos								
	VARIABLES	P.P.	SOLUCION 1		SOLUCION 2		SOLUCION 3	
N°	Criterios de evaluación	%	P	P.G.	P	P.G.	P	P.G.
1	Función	10	3	30	3	30	4	40
2	Maquinaria	10	2	20	2	20	2	20
3	Infraestructura	10	2	20	2	20	2	20
4	Herramientas	10	2	20	2	20	2	20
5	Materiales	10	2	20	2	20	2	20
6	Gestión Personal	20	3	30	3	30	4	40
7	Mantenimiento	10	2	20	2	20	2	20
8	Señales	10	2	20	2	20	2	20
9	Costos	10	2	20	3	30	4	40
<b>Puntaje total</b>		100	20	200	21	210	24	240
<b>V.T.T.=P.G./P.P.</b>			2		2.1		2.4	
<b>Valor técnico (V.T.T.*100%/3)</b>			0.67		0.70		0.80	

Fuente: Elaboración propia

Leyenda:

- ✓ P.P. = puntaje ponderado, se le asigna de acuerdo al grado de participación en el análisis técnico
- ✓ P = puntaje (valores según VDI 2225) donde 0 es insuficiente, 1 medianamente aceptable, 2 regular, 3 aceptable y 4 muy aceptable
- ✓ P.G. = puntaje general, es la multiplicación de "P.P. x P"
- ✓ V.T.T. = valor técnico total, es la división entre el P.G. y el P.P.
- ✓ Valor técnico = resultado de multiplicar el VTT por el porcentaje a cada solución (como son 3 soluciones, corresponde 33.33% a cada uno)

#### 4.2.4. Análisis económico

La entrada actual de camiones al lavadero por mes y el costo incurrido de manera mensual es el siguiente:

Tabla 13: Análisis económico

EVALUACIÓN - VALOR ECONÓMICO								
Criterios de Evaluación para diseños en fase de proyectos								
	VARIABLES	P.P.	SOLUCION 1		SOLUCION 2		SOLUCION 3	
N°	Criterios de evaluación	%	P	P.G.	P	P.G.	P	P.G.
1	Materiales	10	3	30	3	30	3	30
2	Personal - RRHH	30	3	30	3	30	4	40
3	Maquinaria	10	2	20	2	20	2	20
4	Entradas al lavadero	50	4	40	4	40	4	40
<b>Puntaje total</b>		100	12	120	12	120	13	130
<b>V.E.T.=P.G./P.P.</b>			1.2		1.2		1.3	
<b>Valor económico (V.E.T.*100%/3)</b>			0.40		0.40		0.43	

Fuente: Elaboración propia

Leyenda:

- ✓ P.P. = puntaje ponderado, se le asigna de acuerdo al grado de participación en el análisis técnico
- ✓ P = puntaje (valores según VDI 2225) donde 0 es insuficiente, 1 medianamente aceptable, 2 regular, 3 aceptable y 4 muy aceptable
- ✓ P.G. = puntaje general, es la multiplicación de "P.P. x P"
- ✓ V.E.T. = valor económico total, es la división entre el P.G. y el P.P.
- ✓ Valor económico = resultado de multiplicar el VET por el porcentaje a cada solución (como son 3 soluciones, corresponde 33.33% a cada uno)

#### 4.2.5. Análisis técnico-económico

Luego de obtener los datos anteriores, se ubicaran en coordenadas, donde:

- Evaluación técnica = eje X
- Evaluación económica = eje Y

La finalidad será obtener la alternativa de solución que cubra las necesidades presentadas, el grafico es el siguiente:

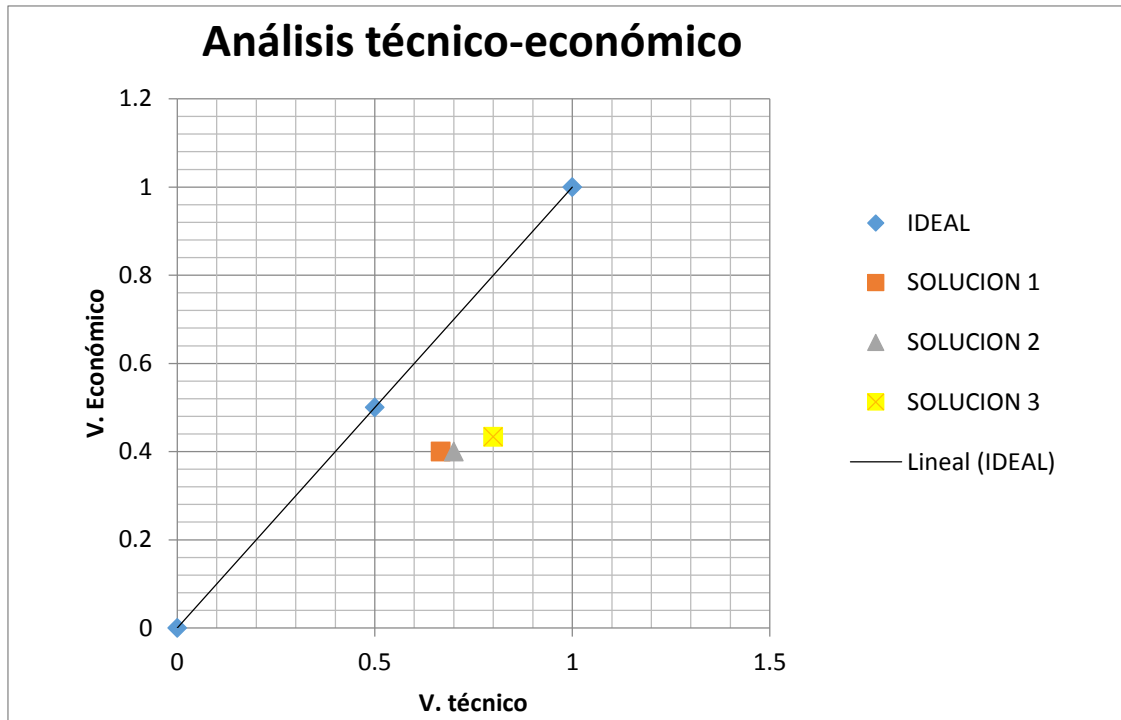


Ilustración 44: Análisis técnico-económico

Fuente: Elaboración propia

Donde se puede apreciar que la alternativa de solución más cercana a la línea “ideal”, es la solución 1, entonces se puede inferir que el proceso óptimo es la solución 1, pero debemos tener en cuenta que es la alternativa de solución promedio.

#### 4.2.6. Restricciones de costo y tiempo

- ✓ No existe restricciones de costo, ya que no se requerirá de inversión para la realización del proyecto.
- ✓ El tiempo para la realización del proyecto será no mayor a 1 mes para el estudio de todos los casos presentados y poder implementar el plan de mejora.

#### 4.2.7. Viabilidad

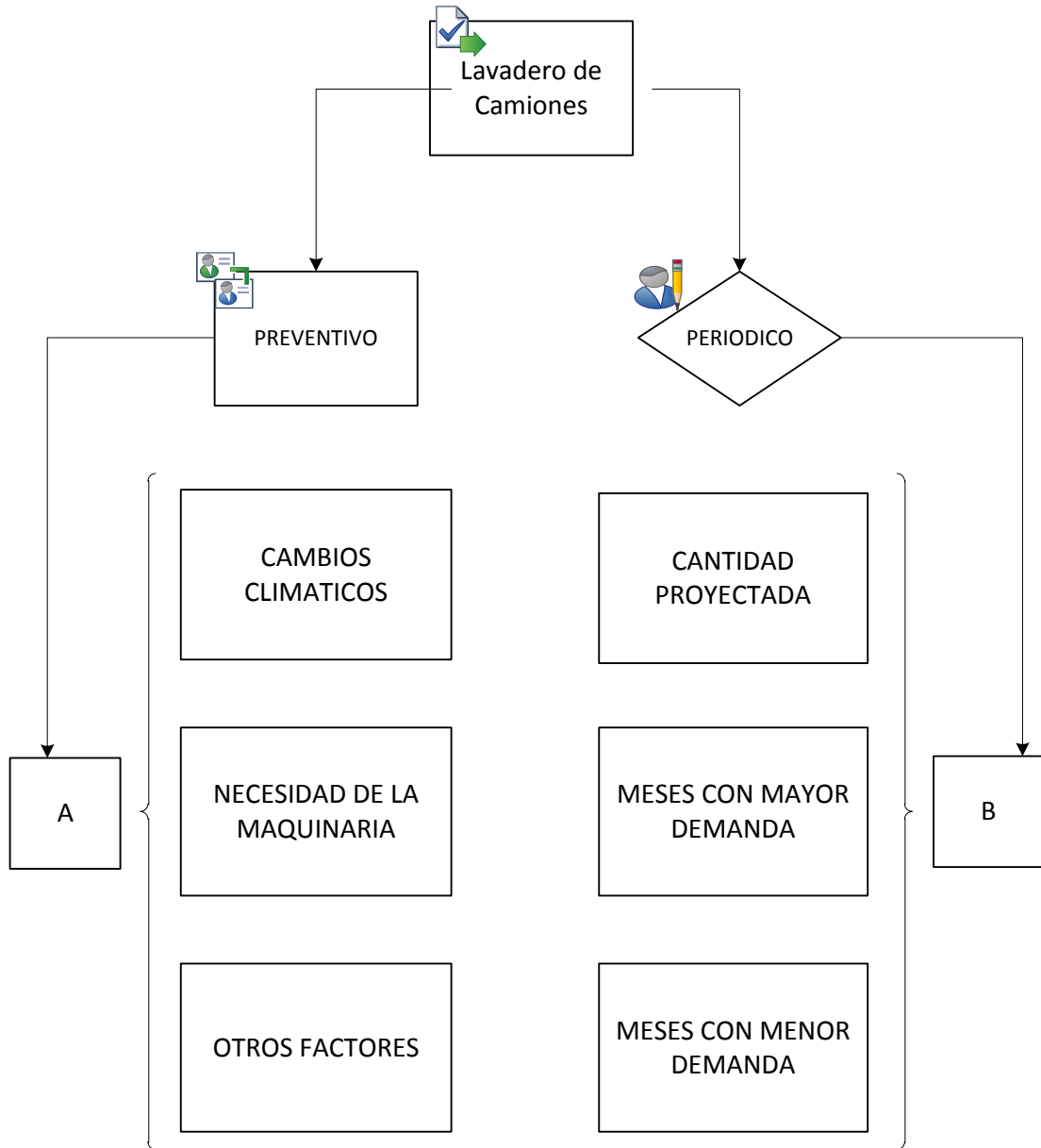
La propuesta es viable ya que no requiere de una inversión monetaria, solo la gestión adecuada de los recursos basándose en la mantenibilidad de los camiones (frecuencia de la necesidad de ser lavados para evitar posibles fallas).

Además de cambiar a un mantenimiento periódico y preventivo.



### 4.3. Diseño

Se presente analizar los diversos factores en base al siguiente diagrama:



Fuente: Elaboración propia

Leyenda: A y B = Factores a analizar

## CAPÍTULO V: ANALISIS Y DISCUSION DE RESULTADOS

### 5.1. Análisis de datos

Primero: determinaremos la cantidad y duración que logran el personal, y se clasificara por categorías.

Tabla 14: Cantidad y duración de lavado por categorías

Personal	Cant. de lavado	Tiempo por camión	Denominación
Jefe de lavado y 4 ayudante	5	01:35	Categoría 0
Jefe de lavado y 3 ayudante	4	02:00	Categoría 1
Jefe de lavado y 2 ayudante	3	02:40	Categoría 2
Jefe de lavado y 1 ayudante	2	04:00	Categoría 3

Fuente: Elaboración propia

Segundo: se establecerá la cantidad máxima y mínima de la cantidad que pueden lograr lavar en los meses del año.

Tabla 15: Cantidades mínimas y máximas de lavado por categorías

	Mínimo por mes	Máximo por mes	Promedio
Categoría 1	110	124	117
Categoría 2	75	90	83
Categoría 3	57	64	61

Fuente: Elaboración propia

Tercero: el costo que incurre el área de lavado para dar mantenimiento a un camión es.

Tabla 16: Costo por lavar cada camión

Por unidad	S/
insumo	130.00
Gasto maquinaria	50.00
otros gastos	15.00
TOTAL	195.00

Fuente: Elaboración propia

Cuarto: se analizara la cantidad de camiones que entraron vs los camiones que se propone

Tabla 17: Entrada de camiones, según registro de entrada

Frecuencia de entrada al mes	ENERO	FEBRERO	MARZO	ABRIL	MAYO	JUNIO	JULIO	AGOSTO	SEPTIEMBRE	OCTUBRE	NOVIEMBRE	DICIEMBRE	TOTAL
Camión 1	3	4	4	3	2	2	2	2	3	3	2	3	33
Camión 2	4	3	4	2	2	2	2	2	2	3	2	3	31
Camión 3	4	3	3	3	2	2	2	2	2	3	3	3	32
Camión 4	4	4	3	3	3	2	3	3	2	3	2	3	35
Camión 5	4	4	3	2	2	2	2	2	2	2	2	3	30
Camión 6	3	3	3	3	2	2	2	2	3	3	2	3	31
Camión 7	4	3	3	2	3	2	2	2	2	2	3	4	32
Camión 8	4	4	4	2	2	2	2	2	2	3	2	3	32
Camión 9	4	4	4	2	2	2	2	2	2	2	2	4	32
Camión 10	3	3	3	2	3	2	2	2	2	3	2	4	31
Camión 11	3	3	3	2	2	3	2	2	2	2	2	3	29
Camión 12	4	4	4	2	3	2	2	2	2	3	3	4	35
Camión 13	4	3	3	3	2	2	2	2	2	2	3	3	31
Camión 14	4	4	3	2	3	2	2	3	2	3	3	3	34
Camión 15	3	4	4	2	2	2	2	2	2	3	3	3	32
Camión 16	4	4	4	2	2	2	2	2	2	2	3	4	33
Camión 17	3	4	3	2	2	3	2	2	2	2	2	3	30
Camión 18	3	4	4	2	3	2	3	2	3	3	2	4	35
Camión 19	4	3	3	3	2	2	2	2	2	3	2	4	32
Camión 20	4	4	4	3	2	2	2	2	2	3	3	3	34
Camión 21	4	4	3	2	2	2	2	3	2	2	2	3	31
Camión 22	4	3	4	3	2	2	2	2	2	3	3	3	33
Camión 23	4	4	3	2	2	3	2	2	2	3	3	4	34
Camión 24	4	4	3	2	2	2	2	2	2	3	3	3	32
Camión 25	4	3	3	2	3	3	2	2	2	2	3	3	32
Camión 26	4	3	3	3	2	2	3	2	2	3	3	3	33
Camión 27	4	3	3	3	2	2	2	2	2	3	2	4	32
Camión 28	4	4	3	3	2	2	2	2	2	2	2	3	31
Camión 29	4	4	3	3	2	2	2	2	2	3	2	4	33
Camión 30	3	4	4	2	2	2	2	2	3	2	3	3	32
<b>TOTAL</b>	<b>112</b>	<b>108</b>	<b>101</b>	<b>72</b>	<b>67</b>	<b>64</b>	<b>63</b>	<b>63</b>	<b>64</b>	<b>79</b>	<b>74</b>	<b>100</b>	<b>967</b>

Fuente: Elaboración propia

Tabla 18: Entrada de camiones, propuesto

Frecuencia de entrada al mes	ENERO	FEBRERO	MARZO	ABRIL	MAYO	JUNIO	JULIO	AGOSTO	SEPTIEMBRE	OCTUBRE	NOVIEMBRE	DICIEMBRE	TOTAL
Camión 1	3	4	4	3	2	2	2	2	2	3	2	3	32
Camión 2	4	3	4	2	2	2	2	2	2	3	2	3	31
Camión 3	4	3	3	3	2	2	2	2	2	3	3	3	32
Camión 4	4	4	3	3	2	2	2	2	2	3	2	3	32
Camión 5	4	4	3	2	2	2	2	2	2	2	2	3	30
Camión 6	3	3	3	3	2	2	2	2	2	3	2	3	30
Camión 7	4	3	3	2	2	2	2	2	2	2	3	4	31
Camión 8	4	4	4	2	2	2	2	2	2	3	2	3	32
Camión 9	4	4	4	2	2	2	2	2	2	2	2	4	32
Camión 10	3	3	3	2	2	2	2	2	2	3	2	4	30
Camión 11	3	3	3	2	2	2	2	2	2	2	2	3	28
Camión 12	4	4	4	2	2	2	2	2	2	3	3	4	34
Camión 13	4	3	3	3	2	2	2	2	2	2	3	3	31
Camión 14	4	4	3	2	2	2	2	2	2	3	3	3	32
Camión 15	3	4	4	2	2	2	2	2	2	3	3	3	32
Camión 16	4	4	4	2	2	2	2	2	2	2	3	4	33
Camión 17	3	4	3	2	2	2	2	2	2	2	2	3	29
Camión 18	3	4	4	2	2	2	2	2	2	3	2	4	32
Camión 19	4	3	3	3	2	2	2	2	2	3	2	4	32
Camión 20	4	4	4	3	2	2	2	2	2	3	3	3	34
Camión 21	4	4	3	2	2	2	2	2	2	2	2	3	30
Camión 22	4	3	4	3	2	2	2	2	2	3	3	3	33
Camión 23	4	4	3	2	2	2	2	2	2	3	3	4	33
Camión 24	4	4	3	2	2	2	2	2	2	3	3	3	32
Camión 25	4	3	3	2	2	2	2	2	2	2	3	3	30
Camión 26	4	3	3	3	2	2	2	2	2	3	3	3	32
Camión 27	4	3	3	3	2	2	2	2	2	3	2	4	32
Camión 28	4	4	3	3	2	2	2	2	2	2	2	3	31
Camión 29	4	4	3	3	2	2	2	2	2	3	2	4	33
Camión 30	3	4	4	2	2	2	2	2	2	2	3	3	31
<b>TOTAL</b>	<b>112</b>	<b>108</b>	<b>101</b>	<b>72</b>	<b>60</b>	<b>60</b>	<b>60</b>	<b>60</b>	<b>60</b>	<b>79</b>	<b>74</b>	<b>100</b>	<b>946</b>

Fuente: Elaboración propia

Quinto: Se estable la cantidad de gastos que incurrieron el lavadero y la cantidad de gastos aplicando una adecuada gestión.

Tabla 19: Gastos incurridos, según registros

	ENERO	FEBRERO	MARZO	ABRIL	MAYO	JUNIO	JULIO	AGOSTO	SEPTIEMBRE	OCTUBRE	NOVIEMBRE	DICIEMBRE	TOTAL
Insumos	14,560.00	14,040.00	13,130.00	9,360.00	8,710.00	8,320.00	8,190.00	8,190.00	8,320.00	10,270.00	9,620.00	13,000.00	<b>125,710.00</b>
Gasto maquinaria	5,600.00	5,400.00	5,050.00	3,600.00	3,350.00	3,200.00	3,150.00	3,150.00	3,200.00	3,950.00	3,700.00	5,000.00	<b>48,350.00</b>
Sueldos	20,400.00	20,400.00	20,400.00	20,400.00	20,400.00	20,400.00	20,400.00	20,400.00	20,400.00	20,400.00	20,400.00	20,400.00	<b>244,800.00</b>
* Supervisor	4,200.00	4,200.00	4,200.00	4,200.00	4,200.00	4,200.00	4,200.00	4,200.00	4,200.00	4,200.00	4,200.00	4,200.00	<b>50,400.00</b>
* Jefe de Lavado	3,800.00	3,800.00	3,800.00	3,800.00	3,800.00	3,800.00	3,800.00	3,800.00	3,800.00	3,800.00	3,800.00	3,800.00	<b>45,600.00</b>
* Ayudante de lavado	12,400.00	12,400.00	12,400.00	12,400.00	12,400.00	12,400.00	12,400.00	12,400.00	12,400.00	12,400.00	12,400.00	12,400.00	<b>148,800.00</b>
Otros gastos	1,680.00	1,620.00	1,515.00	1,080.00	1,005.00	960.00	945.00	945.00	960.00	1,185.00	1,110.00	1,500.00	<b>14,505.00</b>
<b>TOTAL</b>	<b>42,240.00</b>	<b>41,460.00</b>	<b>40,095.00</b>	<b>34,440.00</b>	<b>33,465.00</b>	<b>32,880.00</b>	<b>32,685.00</b>	<b>32,685.00</b>	<b>32,880.00</b>	<b>35,805.00</b>	<b>34,830.00</b>	<b>39,900.00</b>	<b>433,365.00</b>

Fuente: Elaboración propia

Tabla 20: Gastos incurridos, Propuesta

	ENERO	FEBRERO	MARZO	ABRIL	MAYO	JUNIO	JULIO	AGOSTO	SEPTIEMBRE	OCTUBRE	NOVIEMBRE	DICIEMBRE	TOTAL
Insumos	14,560.00	14,040.00	13,130.00	9,360.00	7,800.00	7,800.00	7,800.00	7,800.00	7,800.00	10,270.00	9,620.00	13,000.00	<b>122,980.00</b>
Gasto maquinaria	5,600.00	5,400.00	5,050.00	3,600.00	3,000.00	3,000.00	3,000.00	3,000.00	3,000.00	3,950.00	3,700.00	5,000.00	<b>47,300.00</b>
Sueldos	20,400.00	20,400.00	20,400.00	17,300.00	14,200.00	14,200.00	14,200.00	14,200.00	14,200.00	17,300.00	17,300.00	20,400.00	<b>204,500.00</b>
* Supervisor	4,200.00	4,200.00	4,200.00	4,200.00	4,200.00	4,200.00	4,200.00	4,200.00	4,200.00	4,200.00	4,200.00	4,200.00	<b>50,400.00</b>
* Jefe de Lavado	3,800.00	3,800.00	3,800.00	3,800.00	3,800.00	3,800.00	3,800.00	3,800.00	3,800.00	3,800.00	3,800.00	3,800.00	<b>45,600.00</b>
* Ayudante de lavado	12,400.00	12,400.00	12,400.00	9,300.00	6,200.00	6,200.00	6,200.00	6,200.00	6,200.00	9,300.00	9,300.00	12,400.00	<b>108,500.00</b>
Otros gastos	1,680.00	1,620.00	1,515.00	1,080.00	900.00	900.00	900.00	900.00	900.00	1,185.00	1,110.00	1,500.00	<b>14,190.00</b>
<b>TOTAL</b>	<b>42,240.00</b>	<b>41,460.00</b>	<b>40,095.00</b>	<b>31,340.00</b>	<b>25,900.00</b>	<b>25,900.00</b>	<b>25,900.00</b>	<b>25,900.00</b>	<b>25,900.00</b>	<b>32,705.00</b>	<b>31,730.00</b>	<b>39,900.00</b>	<b>388,970.00</b>

Fuente: Elaboración propia

Sexto: Se procederá a determinar las horas desperdiciadas, teniendo en cuenta la categoría en las cuales esta, es decir se tendrá en cuenta que para el método propuesto los meses donde se requiera menos personal, pues será una categoría diferente:

Tabla 21: Asignación de categorías a los meses

categoría 1	Diciembre, enero, febrero y marzo
categoría 2	Abril, octubre y noviembre
categoría 3	Mayo, junio, julio, agosto y setiembre

Fuente: Elaboración propia

Tabla 22: Horas desperdiciadas

MES	(X) H.H. LABORABLES	(A) NORMAL	Horas desperdiciadas (X-A)	(B) PROPUESTO	Horas desperdiciadas (X-B)
ENERO	240	224	16	224	16
FEBRERO	240	216	24	216	24
MARZO	240	202	38	202	38
ABRIL	240	144	96	192	48
MAYO	240	134	106	240	0
JUNIO	240	128	112	240	0
JULIO	240	126	114	240	0
AGOSTO	240	126	114	240	0
SEPTIEMBRE	240	128	112	240	0
OCTUBRE	240	158	82	210.67	29.33
NOVIEMBRE	240	148	92	197.33	42.67
DICIEMBRE	240	200	40	200	40
<b>TOTAL</b>	<b>2880</b>	<b>1934</b>	<b>946</b>	<b>2642</b>	<b>238</b>

Fuente: Elaboración propia

## 5.2. Pruebas y discusión de resultados

### 5.2.1. Resultados obtenidos

En la siguiente tabla se resume los datos hallados:

Tabla 23: Eficiencia alcanzada

	Empresa	Gestión	Eficiencia
Horas hombre desperdiciadas	946	238	397%
Recursos ahorrados	433,365.00	388,970.00	90%
Camiones lavados	967	946	98%

Fuente: Elaboración propia

1. Las horas desperdiciadas son de 708 horas (946 – 238), esto debido a que cuentan con personal inactivo, pero aplicando una correcta gestión y previendo la entrada de los camiones, se puede incrementar la eficiencia en 397% en base a las horas normales que viene empleando el área de lavado.
2. El aplicar una adecuada gestión también reducirá el costo o gastos de operación el área de lavado, ya que esta área puede operar hasta con el 90% de los recursos otorgados originalmente a esta área.
3. Como ya se expresó en puntos anteriores, muchas veces el camión no requiere lavado, pero son enviados a esta zona para evitar que el personal del área de lavado este “sin hacer nada” (esto refuerza el punto 1), pero al aplicar una adecuada gestión basándonos en el cronograma de entrada de los camiones al área de lavado y en base a los camiones que realmente necesitan un lavado se obtiene que se lavarían 21 camiones menos (967-946) incrementando la eficiencia en un 2%.

A continuación se procederá a detallar los datos obtenidos:

Tabla 24: Diferencia de entrada de camiones

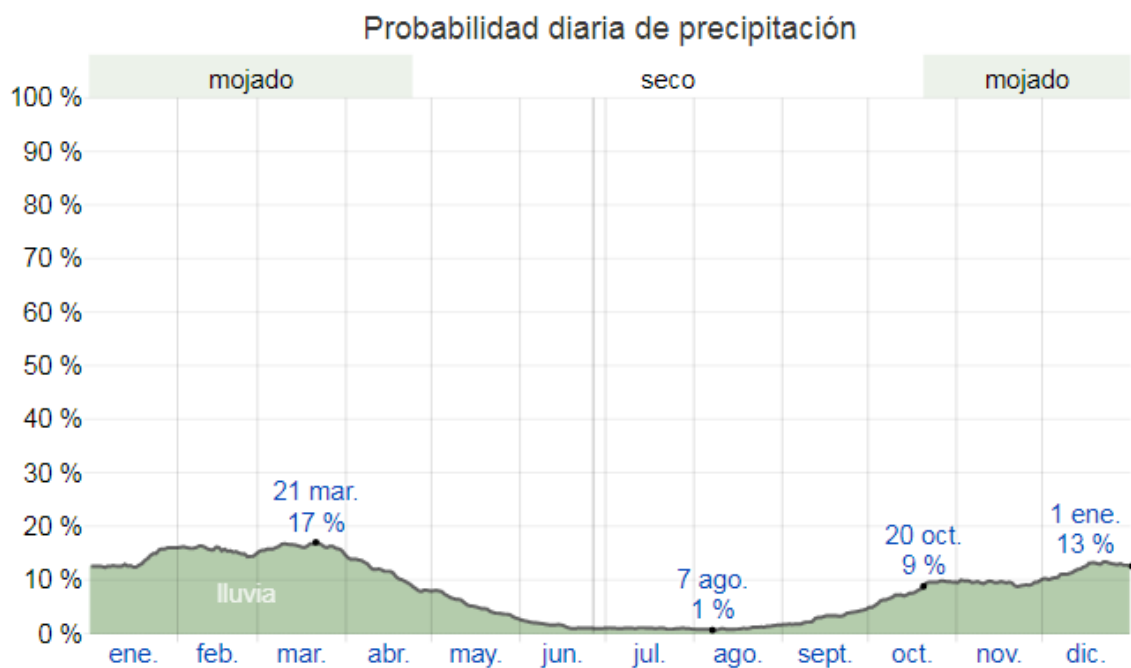
	<b>NORMAL</b>	<b>PROPUESTO</b>	<b>DIFERENCIA</b>
ENERO	112	112	-
FEBRERO	108	108	-
MARZO	101	101	-
ABRIL	72	72	-
MAYO	67	60	7
JUNIO	64	60	4
JULIO	63	60	3
AGOSTO	63	60	3
SEPTIEMBRE	64	60	4
OCTUBRE	79	79	-
NOVIEMBRE	74	74	-
DICIEMBRE	100	100	-
<b>TOTAL</b>	<b>967</b>	<b>946</b>	<b>21</b>

Fuente: Elaboración propia



Si tenemos en cuenta la temporalidad y los registros anteriores, pues se tiene que los meses de mayo a septiembre la entrada de los camiones al lavadero es menor, es por ello que no requerirá de mucho personal en esos meses.

Lo anterior tiene concordancia con factores climáticos, ya que en esos meses las probabilidades de que ocurra lluvias u otro factor que incida en el envío de camiones al lavadero, es menor, según la siguiente ilustración:



*El porcentaje de días en los que se observan diferentes tipos de precipitación, excluidas las cantidades ínfimas: solo lluvia, solo nieve, mezcla (llovió y nevó el mismo día).*

Ilustración 45: Probabilidad de precipitación en la unidad minera

Fuente: <https://es.weatherspark.com/y/19925/Clima-promedio-en-Apurimac-Per%C3%BA-durante-todo-el-a%C3%B1o>

También se incurre en un ahorro de horas hombre laboradas (teniendo en cuenta la clasificación en categorías del punto anterior)

Tabla 25: Horas hombre ahorradas

MES	(X) H.H. LABORABLES	(A) NORMAL	Horas desperdiciadas (X-A)	(B) PROPUESTO	Horas desperdiciadas (X-B)	Horas H. ahorradas (A-B)
ENERO	240	224	16	224	16	0
FEBRERO	240	216	24	216	24	0
MARZO	240	202	38	202	38	0
ABRIL	240	144	96	192	48	48
MAYO	240	134	106	240	0	106
JUNIO	240	128	112	240	0	112
JULIO	240	126	114	240	0	114
AGOSTO	240	126	114	240	0	114
SEPTIEMBRE	240	128	112	240	0	112
OCTUBRE	240	158	82	210.67	29.33	52.67
NOVIEMBRE	240	148	92	197.33	42.67	49.33
DICIEMBRE	240	200	40	200	40	0
<b>TOTAL</b>	<b>2880</b>	<b>1934</b>	<b>946</b>	<b>2642</b>	<b>238</b>	<b>708</b>

Fuente: Elaboración propia

El principal cuadro es el siguiente, donde nos indica la cantidad de recursos que la empresa ahorraría al tener el personal adecuado en los diversos meses.

Tabla 26: Recursos económicos ahorrados en el lavado de camiones

<b>GASTOS DEL LAVADERO</b>			
MES	NORMAL	PROPUESTO	DIFERENCIA
ENERO	42,240.00	42,240.00	-
FEBRERO	41,460.00	41,460.00	-
MARZO	40,095.00	40,095.00	-
ABRIL	34,440.00	31,340.00	<b>3,100.00</b>
MAYO	33,465.00	25,900.00	<b>7,565.00</b>
JUNIO	32,880.00	25,900.00	<b>6,980.00</b>
JULIO	32,685.00	25,900.00	<b>6,785.00</b>
AGOSTO	32,685.00	25,900.00	<b>6,785.00</b>
SEPTIEMBRE	32,880.00	25,900.00	<b>6,980.00</b>
OCTUBRE	35,805.00	32,705.00	<b>3,100.00</b>
NOVIEMBRE	34,830.00	31,730.00	<b>3,100.00</b>
DICIEMBRE	39,900.00	39,900.00	-
<b>TOTAL</b>	<b>433,365.00</b>	<b>388,970.00</b>	<b>44,395.00</b>

Fuente: Elaboración propia

Como se puede apreciar, la empresa al aplicar una correcta gestión puede ahorrar 44 395.00 soles en recursos económicos.

## CONCLUSIONES

1. Hay una diferencia significativa en las medias de los gastos antes y después del plan de mejora. Por lo cual se concluye que el plan de mejora si tiene efectos significativos sobre el gasto en el lavado de camiones de las unidades mineras, de echo el promedio de gastos bajo de 14 445.00 soles a 12 965.80 soles, tal como se muestra en la tabla 9.
2. Se obtuvo que aplicando una adecuada gestión mantenimiento basado en el mantenibilidad de equipos de lavadero de camiones, se registra una mejora en los procesos, además de disminuir la cantidad de recursos humanos y económicos invertidos, tal como se muestran en las tablas 24,25 y 26.
3. Se conoció que el envío de los camiones al lavadero, muchas veces se hacía de manera correctiva, incrementado las posibilidades de incrementar el daño en la maquinaria y también incrementado el tiempo en su parada, esto ocasionado por la falta de un mantenimiento preventivo en sus operaciones o revisiones continuas a sus camiones.
4. El implementar un mantenimiento preventivo y periodo basándose en los registros anteriores ayudará a la mejora de las áreas involucradas, ya que es necesario mantener un mantenimiento periodo para poder programar las posibles entradas al área de lavado y no se generen cuellos de botellas en esta área, y preventivo porque hay meses del año que por cuestiones climáticas o diversos factores incrementa la entrada de camiones al área de lavado.
5. El beneficio económico que la empresa obtiene al gestionar adecuadamente el mantenimiento de sus camiones será de 44,395.00 soles, tal como se muestra en la tabla 20, esto genera un ahorro del 10% de los recursos gastados inicialmente (tabla 23)

## **RECOMENDACIONES**

1. Se recomienda mantener la gestión basado en la mantenibilidad de quipos de lavadero de camiones, ya que esto permitirá obtener mejoras en cuanto a disponer los camiones y evitar paradas, como el de ahorrar recursos asignados a esta área.
2. Evitar o reducir el número de camiones enviados al lavadero de forma correctiva, los camiones deben ser revisados constantemente por su supervisor a cargo para evitar tiempo perdido en el área de lavado.
3. El mantenimiento preventivo ayudara en cuanto a la programación del envío al lavadero, y evitara cuellos de botella en esta área.
4. Se recomienda seguir con la programación no solo en el envío adecuado de los camiones al área de lavado, si no, en la gestión de los recursos humanos, materiales, etc., ya que esto permitirá reducir los costos o gastos empleados en esta área.

## **TRABAJOS FUTUROS**

1. El presente trabajo servirá como antecedente en la mejora de todas las áreas de lavado de las unidades mineras, ya que al gestionar adecuadamente el uso de repuestos, insumos, etc. y con una adecuada planificación en el envío de las maquinarias a mantenimiento la empresa se ahorra una gran cantidad de recursos tanto económicos como humanos, mejorando en sus diversos procesos; evitando principalmente paradas de camiones.

## REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

CARRASCO DÍAZ, S. (2006). *Metodología de la investigación científica*. Lima: San Marcos.

ENRIQUE FREYE. (2018). *efreyre.com*. Obtenido de <http://www.efreyre.com/un-equipo-simple-que-resuelve-el-problema-de-lavar-vehiculos-pesados-de-transporte-en-minas-apartadas>

GARCÍA GARRIDO, S. (2003). *Organización y gestión integral de mantenimiento*. Madrid: Ediciones Díaz de Santos.

GUZMAN DE LA FUENTE, J. (2016). *docplayer.es*. Obtenido de <https://docplayer.es/11627815-Procedimiento-de-mantenimiento-de-equipos-y-maquinas.html>

HERNÁNDEZ SAMPIERI, R., FERNÁNDEZ COLLADO, C., & BAPTISTA LUCIO, M. d. (2014). *Metodología de la investigación, sexta edición*. México D.F.: INTERAMERICANA EDITORES S.A.

HUAYHUA VILCA, J. R. (2018). *Optimización de tiempos de mantenimientos preventivos para incrementar la disponibilidad mecánica de la flota de camiones 777f cat de la compañía minera minsur en Pucamarca*. Tacna: Ingeniero Mecánico, Universidad Nacional Jorge Basadre Grohmann.

HUISA HUAYNACI, D. E. (2018). *Sistema de gestión de mantenimiento para los equipos de la central térmica de independencia*. Arequipa: Ingeniero Industrial, Universidad Nacional de San Agustín de Arequipa.

INSTITUTO DE INGENIEROS DE MINAS DEL PERÚ. (2018). *Minería en el Perú*. Obtenido de <http://www.iimp.org.pe/mineria-en-el-peru/resultados>

- INTEGRAMARKETS. (2018). *Escuela de gestión empresarial*. Obtenido de <https://es.slideshare.net/gafpe/gestion-y-planificacion-del-mantenimiento-industrial>
- INTEGRAMARKETS ESCUELA DE GESTIÓN EMPRESARIAL. (2018). *Gestión y Planificación del Mantenimiento Industrial, 2da Edición*. Boston: IntegraMarkets.
- LA REPÚBLICA. (27 de 12 de 2018). *Estudio revela impacto de la minería en Apurímac*. Obtenido de <https://larepublica.pe/economia/1383952-estudio-revela-impacto-mineria-apurimac/>
- LÓPEZ CHIOTTI, R. E. (2018). *Aplicación de un plan de mantenimiento preventivo para mejorar la productividad de la maquinaria pesada portuaria en la empresa APM terminal, callao 2017*. Lima: Ingeniero Industrial, Universidad César Vallejo.
- RENOVETEC. (2013). *El plan de mantenimiento*. (RENOVETEC) Obtenido de <http://www.elplandemantenimiento.com/index.php/que-es-un-plan-de-mantenimiento>
- RODRIGUEZ DEL AGUILA, M. A. (2012). *Propuesta de mejora de la gestión de mantenimiento basado en la mantenibilidad de equipos de acarreo de una empresa minera de Cajamarca*. Cajamarca: Ingeniero Industrial, Universidad Privada del Norte.

## **ANEXOS**



Anexo 1: Matriz de Consistencia

<b>PLAN DE MEJORA PARA LA GESTIÓN DE MANTENIMIENTO BASADO EN LA MANTENIBILIDAD DE EQUIPOS DE LAVADERO DE CAMIONES (TRUCK SHOP) DE UNIDADES MINERAS.</b>						
<b>PROBLEMA</b>	<b>OBJETIVOS</b>	<b>HIPOTESIS</b>	<b>VARIABLES E INDICADORES</b>	<b>DISEÑO DE INVESTIGACION</b>	<b>METODOS, TECNICAS E INSTRUMENTOS DE INVESTIGACION</b>	<b>METODOLOGIA</b>
<p><b>PROBLEMA GENERAL:</b></p> <p>¿Reducirá los recursos gastados el diseñar un plan de mejora en la gestión de mantenimiento basado en la mantenibilidad de equipos de lavadero de camiones (truck shop) en la unidad minera?</p> <p><b>PROBLEMA ESPECIFICOS:</b></p> <p>a) ¿Cómo se llevara a cabo la supervisión de los diferentes</p>	<p><b>OBJETIVO GENERAL:</b></p> <p>Diseñar un plan de mejora en la gestión de mantenimiento basado en la mantenibilidad de equipos de lavadero de camiones (truck shop) que reduzca los recursos gastados en la unidad minera.</p> <p><b>OBJETIVOS ESPECIFICOS:</b></p> <p>a) Supervisar los diferentes equipos de lavado de los camiones truck shop para</p>	<p><b>HIPOTESIS GENERAL:</b></p> <p>Con una adecuada gestión en el mantenimiento basado en la mantenibilidad de equipos de lavadero truck shop se obtendrá mejoras en la asignación de recursos (humanos, materiales y económicos).</p>	<p><b>V. INDEPENDIENTE:</b></p> <p>Plan de mejora para la gestión de mantenimiento</p> <p><b>INDICADORES</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>✓ Gestión de equipos</li> <li>✓ Indicadores de gestión</li> <li>✓ Grados críticos y prioridad en el mantenimiento</li> <li>✓ Fiabilidad del mantenimiento</li> </ul>	<p>Enfoque:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>✓ Cuantitativo</li> </ul> <p>Tipo:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>✓ I. Aplicada</li> </ul> <p>Nivel:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>✓ Explicativo</li> </ul> <p>Diseño:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>✓ Diseño pre experimental</li> </ul>	<p><b>METODO:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>✓ Comparativo</li> <li>✓ Analógico</li> <li>✓ Inferencial</li> </ul> <p><b>TECNICAS:</b></p> <p><b>a) VARIABLE INDEPENDIENTE:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>✓ Análisis Documental</li> </ul> <p><b>b) VARIABLE DEPENDIENTE:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>✓ Análisis Documental</li> <li>✓ Observación no experimental</li> </ul>	<p><b>AMBITO:</b> Zona de lavadero de unidad minera</p> <p><b>TEMPORALIDAD:</b> Año 2018</p> <p><b>UNIDAD DE ESTUDIO:</b></p> <p><b>a)POBLACION:</b>30</p> <p><b>b)MUESTRA:</b> 30</p> <p><b>c)UNIDAD DE ESTUDIO:</b> unidad de losa de lavado</p> <p><b>d) TIPO DE MUESTRA:</b> No probabilística.</p>

<p>equipos de lavado de los camiones Truck Shop para que la empresa involucrada tengan un buen éxito en sus acciones operativas?</p> <p>b) ¿Qué beneficios producirá el llevar a cabo un plan de mejora en la gestión de mantenimiento de los camiones Truck Shop?</p>	<p>determinar los equipos necesarios para realizar el lavado de los camiones en la unidad minera</p> <p>b) Analizar los recursos económicos gastados por la unidad minera y compararlos con el plan de mejora en la gestión en los equipos de lavadero de camiones</p>		<p><b>V. DEPENDIENTE:</b></p> <p>Mantenibilidad de equipos de lavadero de camiones (truck shop)</p> <p><b>INDICADORES</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>✓ Inspecciones técnicas</li> <li>✓ indicaciones del fabricante para el mantenimiento</li> <li>✓ Fichas generales de mantenimiento</li> <li>✓ ingreso al área de lavado</li> <li>✓ Presupuesto al área de lavado</li> <li>✓ Cronograma de entrada de los vehículos al centro de lavado</li> <li>✓ Horas hombre asignados a cada camión</li> </ul>		<ul style="list-style-type: none"> <li>✓ Análisis informático</li> <li>✓ Entrevista asistemática</li> </ul> <p><b><u>INSTRUMENTOS:</u></b></p> <p><b>a) VARIABLE INDEPENDIENTE:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>✓ Revisión documentaria</li> </ul> <p><b>b) VARIABLE DEPENDIENTE:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>✓ Revisión documentaria</li> <li>✓ Fichas de Observación</li> <li>✓ M.S. Excel</li> <li>✓ Ficha de apuntes</li> </ul>	
--	--	--	---	--	---	--

Fuente: Elaboración propia

Anexo 2: Horas hombre empleadas por la empresa

HORAS HOMBRE DESPERDICADAS - SEGÚN REGISTRO DE ENTRADA													
Horas hombre	ENERO	FEBRERO	MARZO	ABRIL	MAYO	JUNIO	JULIO	AGOSTO	SEPTIEMBRE	OCTUBRE	NOVIEMBRE	DICIEMBRE	TOTAL
Camión 1	6	8	8	6	4	4	4	4	6	6	4	6	66
Camión 2	8	6	8	4	4	4	4	4	4	6	4	6	62
Camión 3	8	6	6	6	4	4	4	4	4	6	6	6	64
Camión 4	8	8	6	6	6	4	6	6	4	6	4	6	70
Camión 5	8	8	6	4	4	4	4	4	4	4	4	6	60
Camión 6	6	6	6	6	4	4	4	4	6	6	4	6	62
Camión 7	8	6	6	4	6	4	4	4	4	4	6	8	64
Camión 8	8	8	8	4	4	4	4	4	4	6	4	6	64
Camión 9	8	8	8	4	4	4	4	4	4	4	4	8	64
Camión 10	6	6	6	4	6	4	4	4	4	6	4	8	62
Camión 11	6	6	6	4	4	6	4	4	4	4	4	6	58
Camión 12	8	8	8	4	6	4	4	4	4	6	6	8	70
Camión 13	8	6	6	6	4	4	4	4	4	4	6	6	62
Camión 14	8	8	6	4	6	4	4	6	4	6	6	6	68
Camión 15	6	8	8	4	4	4	4	4	4	6	6	6	64
Camión 16	8	8	8	4	4	4	4	4	4	4	6	8	66
Camión 17	6	8	6	4	4	6	4	4	4	4	4	6	60
Camión 18	6	8	8	4	6	4	6	4	6	6	4	8	70
Camión 19	8	6	6	6	4	4	4	4	4	6	4	8	64
Camión 20	8	8	8	6	4	4	4	4	4	6	6	6	68
Camión 21	8	8	6	4	4	4	4	6	4	4	4	6	62
Camión 22	8	6	8	6	4	4	4	4	4	6	6	6	66
Camión 23	8	8	6	4	4	6	4	4	4	6	6	8	68
Camión 24	8	8	6	4	4	4	4	4	4	6	6	6	64
Camión 25	8	6	6	4	6	6	4	4	4	4	6	6	64
Camión 26	8	6	6	6	4	4	6	4	4	6	6	6	66
Camión 27	8	6	6	6	4	4	4	4	4	6	4	8	64
Camión 28	8	8	6	6	4	4	4	4	4	4	4	6	62
Camión 29	8	8	6	6	4	4	4	4	4	6	4	8	66
Camión 30	6	8	8	4	4	4	4	4	6	4	6	6	64
<b>TOTAL</b>	<b>224</b>	<b>216</b>	<b>202</b>	<b>144</b>	<b>134</b>	<b>128</b>	<b>126</b>	<b>126</b>	<b>128</b>	<b>158</b>	<b>148</b>	<b>200</b>	<b>1934</b>
Horas hombre laborables	240	240	240	240	240	240	240	240	240	240	240	240	2880
<b>H.H. desperdiciadas</b>	<b>16</b>	<b>24</b>	<b>38</b>	<b>96</b>	<b>106</b>	<b>112</b>	<b>114</b>	<b>114</b>	<b>112</b>	<b>82</b>	<b>92</b>	<b>40</b>	<b>946</b>

Fuente: Elaboración propia

Anexo 3: Horas hombre empleado gestionando el área de lavado

HORAS HOMBRE DESPERDICADAS - SEGÚN REGISTRO DE ENTRADA													
Horas hombre	ENERO	FEBRERO	MARZO	ABRIL	MAYO	JUNIO	JULIO	AGOSTO	SEPTIEMBRE	OCTUBRE	NOVIEMBRE	DICIEMBRE	TOTAL
Camión 1	6.0	8.0	8.0	8.0	8.0	8.0	8.0	8.0	8.0	8.0	5.3	6.0	<b>89.3</b>
Camión 2	8.0	6.0	8.0	5.3	8.0	8.0	8.0	8.0	8.0	8.0	5.3	6.0	<b>86.7</b>
Camión 3	8.0	6.0	6.0	8.0	8.0	8.0	8.0	8.0	8.0	8.0	8.0	6.0	<b>90.0</b>
Camión 4	8.0	8.0	6.0	8.0	8.0	8.0	8.0	8.0	8.0	8.0	5.3	6.0	<b>89.3</b>
Camión 5	8.0	8.0	6.0	5.3	8.0	8.0	8.0	8.0	8.0	5.3	5.3	6.0	<b>84.0</b>
Camión 6	6.0	6.0	6.0	8.0	8.0	8.0	8.0	8.0	8.0	8.0	5.3	6.0	<b>85.3</b>
Camión 7	8.0	6.0	6.0	5.3	8.0	8.0	8.0	8.0	8.0	5.3	8.0	8.0	<b>86.7</b>
Camión 8	8.0	8.0	8.0	5.3	8.0	8.0	8.0	8.0	8.0	8.0	5.3	6.0	<b>88.7</b>
Camión 9	8.0	8.0	8.0	5.3	8.0	8.0	8.0	8.0	8.0	5.3	5.3	8.0	<b>88.0</b>
Camión 10	6.0	6.0	6.0	5.3	8.0	8.0	8.0	8.0	8.0	8.0	5.3	8.0	<b>84.7</b>
Camión 11	6.0	6.0	6.0	5.3	8.0	8.0	8.0	8.0	8.0	5.3	5.3	6.0	<b>80.0</b>
Camión 12	8.0	8.0	8.0	5.3	8.0	8.0	8.0	8.0	8.0	8.0	8.0	8.0	<b>93.3</b>
Camión 13	8.0	6.0	6.0	8.0	8.0	8.0	8.0	8.0	8.0	5.3	8.0	6.0	<b>87.3</b>
Camión 14	8.0	8.0	6.0	5.3	8.0	8.0	8.0	8.0	8.0	8.0	8.0	6.0	<b>89.3</b>
Camión 15	6.0	8.0	8.0	5.3	8.0	8.0	8.0	8.0	8.0	8.0	8.0	6.0	<b>89.3</b>
Camión 16	8.0	8.0	8.0	5.3	8.0	8.0	8.0	8.0	8.0	5.3	8.0	8.0	<b>90.7</b>
Camión 17	6.0	8.0	6.0	5.3	8.0	8.0	8.0	8.0	8.0	5.3	5.3	6.0	<b>82.0</b>
Camión 18	6.0	8.0	8.0	5.3	8.0	8.0	8.0	8.0	8.0	8.0	5.3	8.0	<b>88.7</b>
Camión 19	8.0	6.0	6.0	8.0	8.0	8.0	8.0	8.0	8.0	8.0	5.3	8.0	<b>89.3</b>
Camión 20	8.0	8.0	8.0	8.0	8.0	8.0	8.0	8.0	8.0	8.0	8.0	6.0	<b>94.0</b>
Camión 21	8.0	8.0	6.0	5.3	8.0	8.0	8.0	8.0	8.0	5.3	5.3	6.0	<b>84.0</b>
Camión 22	8.0	6.0	8.0	8.0	8.0	8.0	8.0	8.0	8.0	8.0	8.0	6.0	<b>92.0</b>
Camión 23	8.0	8.0	6.0	5.3	8.0	8.0	8.0	8.0	8.0	8.0	8.0	8.0	<b>91.3</b>
Camión 24	8.0	8.0	6.0	5.3	8.0	8.0	8.0	8.0	8.0	8.0	8.0	6.0	<b>89.3</b>
Camión 25	8.0	6.0	6.0	5.3	8.0	8.0	8.0	8.0	8.0	5.3	8.0	6.0	<b>84.7</b>
Camión 26	8.0	6.0	6.0	8.0	8.0	8.0	8.0	8.0	8.0	8.0	8.0	6.0	<b>90.0</b>
Camión 27	8.0	6.0	6.0	8.0	8.0	8.0	8.0	8.0	8.0	8.0	5.3	8.0	<b>89.3</b>
Camión 28	8.0	8.0	6.0	8.0	8.0	8.0	8.0	8.0	8.0	5.3	5.3	6.0	<b>86.7</b>
Camión 29	8.0	8.0	6.0	8.0	8.0	8.0	8.0	8.0	8.0	8.0	5.3	8.0	<b>91.3</b>
Camión 30	6.0	8.0	8.0	5.3	8.0	8.0	8.0	8.0	8.0	5.3	8.0	6.0	<b>86.7</b>
<b>TOTAL</b>	<b>224.0</b>	<b>216.0</b>	<b>202.0</b>	<b>192.0</b>	<b>240.0</b>	<b>240.0</b>	<b>240.0</b>	<b>240.0</b>	<b>240.0</b>	<b>210.7</b>	<b>197.3</b>	<b>200.0</b>	<b>2642.0</b>
Horas hombre laborables	240.0	240.0	240.0	240.0	240.0	240.0	240.0	240.0	240.0	240.0	240.0	240.0	<b>2880.0</b>
<b>desperdicio de h.h.</b>	<b>16</b>	<b>24</b>	<b>38</b>	<b>48</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>29.33</b>	<b>42.67</b>	<b>40</b>	<b>238</b>

Fuente: Elaboración propia